

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE  
UNICENTRO - PR

**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NO  
AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UM  
FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ENRIQUE ORELLANA

IRATI  
2009

ENRIQUE ORELLANA

**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NO AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO  
DIAMÉTRICA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

Dissertação apresentada como requisito Parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, Curso de Pós-Graduação, área de Concentração em Manejo Florestal da UNICENTRO

**Orientador:**

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

**Co-orientadores:**

Prof. Dr. Sylvio Péllico Netto

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Nogueira Dias

IRATI  
2009

Catálogo na Fonte

Biblioteca da UNICENTRO - *Campus* de Irati

Orellana, Enrique

O66f      Funções densidade de probabilidade no ajuste da  
distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila  
mista / Enrique Orellana. – Irati, PR : UNICENTRO, 2009.

122p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-  
Oeste

Orientador : Professor Dr. Afonso Figueiredo Filho

1. Engenharia Florestal – Araucária. 2. Dissertação.  
I. Figueiredo Filho, Afonso. II. Título.

CDD 20ª ed. 634.9751



## Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

#### PARECER

Defesa Nº 07

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, *Campus* de Irati, após arguir o mestrando *Enrique Orellana* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 16 de dezembro de 2009.

Dr. Julio Eduardo Arce  
Universidade Federal do Paraná  
Primeiro Examinador

UNICENTRO

Dr. Sylvio Péllico Netto  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Segundo Examinador

Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR

Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR

Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal. 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

**À toda minha família**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao orientador Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho pela amizade, confiança em mim depositada e orientações precisas em todos os momentos solicitados.

Ao co-orientador Prof. Dr. Sylvio Péllico Netto pelos valiosos ensinamentos, amizade e boa vontade.

À co-orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Nogueira Dias pela confiança e companheirismo.

Ao professor Artur Lourival da Fonseca Machado pela ajuda prestada nos testes estatísticos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UNICENTRO pela oportunidade de realização da pesquisa.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

À todos os professores do curso de Pós-Graduação pelos conhecimentos transmitidos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo geral .....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Distribuição diamétrica em florestas mistas .....	4
3.2. Funções densidade de probabilidade .....	6
3.2.1. Função Beta .....	7
3.2.2. Função Weibull.....	7
3.2.3. Função Exponencial Negativa .....	9
3.3. Teste de aderência Kolmogorov – Smirnov .....	9
3.4 Índice de Reynolds .....	10
3.5 Distribuições diamétricas por espécie .....	10
3.6 O emprego de Funções Densidade de Probabilidade (fdp's) para expressar a distribuição diamétrica em florestas mistas.....	11
3.7 Dinâmica da Sucessão em Florestas Mistas .....	13
3.8 Influência do tamanho de parcelas nos ajustes de funções densidade de probabilidade (fdp).....	15
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
4.1 Localização e descrição da área de estudos.....	16
4.2 Ajuste e Avaliação das Funções densidade de probabilidade .....	17
4.2.1 Descrição das Funções de Densidade e seus métodos de ajustes .....	18
4.2.1.1 Função exponencial .....	18
4.2.1.2 Função Beta .....	18
4.2.1.3 Função Weibull 2 parâmetros .....	19
4.2.1.4 Função Weibull 3 parâmetros .....	20
4.2.2 Programação Não-Linear para ajustes de funções .....	22
4.2.3 Ajustes para todas as espécies considerando toda a área de estudo (25 ha) .....	23
4.2.4 Estatísticas utilizadas para avaliar o desempenho das funções densidade de probabilidade .....	23

4.3	Procedimentos de abordagem dos dados em um inventário florestal para avaliar a distribuição diamétrica.....	27
4.4	Avaliação dos efeitos da intensidade amostral em diferentes tamanhos de unidade de amostra.....	28
4.5	Ajustes por espécie.....	29
4.6	Evolução da distribuição diamétrica para floresta e para as 20 espécies com maiores IVI.....	30
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
5.1	Estatísticas dos dados de diâmetro utilizados na pesquisa .....	31
5.2	Avaliação do Melhor Método de Abordagem dos dados para Estimativa dos Parâmetros .....	31
5.3	Ajustes e avaliações das funções densidade de probabilidade .....	33
5.3.1	Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2008.....	34
5.3.2	Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2005.....	38
5.3.3	Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2002.....	41
5.3.4	Considerações a respeito dos ajustes realizados para todas as funções e ocasiões em que os dados foram levantados.....	44
5.4	Ajustes das distribuições diamétricas para espécies com maiores Índices de Valores de Importância (IVI) .....	46
5.5	Avaliação dos ajustes para unidades amostrais .....	59
5.5.1	Efeito da intensidade amostral e das dimensões da parcela no ajuste da distribuição diamétrica.....	59
5.6	Evolução da distribuição diamétrica .....	61
5.6.1	Dinâmica da Distribuição Diamétrica para todas as espécies.....	61
5.6.2	Dinâmica da Distribuição Diamétrica das 20 espécies de maior IVI .....	64
5.6.2.1	<i>Araucaria angustifolia</i> (araucária).....	65
5.6.2.2	<i>Ilex paraguariensis</i> (erva-mate).....	67
5.6.2.3	<i>Ocotea odorifera</i> (canela-sassafrás) .....	69
5.6.2.4	<i>Nectandra grandiflora</i> (canela-amarela) .....	72
5.6.2.5	<i>Ocotea porosa</i> (imbuia) .....	74
5.6.2.6	<i>Casearia decandra</i> (guaçatunga-branca).....	77
5.6.2.7	<i>Cedrela fissilis</i> (cedro).....	80
5.6.2.8	<i>Ocotea puberula</i> (canela-guaicá).....	82
5.6.2.9	<i>Matayba elaeagnoides</i> (miguel-pintado) .....	85
5.6.2.10	<i>Nectandra megapotamica</i> (canela-imbuia).....	87
5.6.2.11	<i>Coussarea contracta</i> (cinzeiro-preto).....	90
5.6.2.12	<i>Myrsine umbellata</i> (capororocão) .....	92
5.6.2.13	<i>Capsicodendron dinisii</i> (pimenteira) .....	95



5.6.2.14 <i>Ocotea diospyrifolia</i> (canela-pimenta) .....	97
5.6.2.15 <i>Casearia sylvestris</i> (guaçatunga-preta).....	100
5.6.2.16 <i>Prunus brasiliensis</i> (pessegueiro-bravo).....	102
5.6.2.17 <i>Ilex theezans</i> (caúna).....	104
5.6.2.18 <i>Myrcia hebeptala</i> (caingá) .....	107
5.6.2.19 <i>Dalbergia brasiliensis</i> (jacarandá).....	109
5.6.2.20 <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (guabiroba).....	111
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>114</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>116</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da FLONA de Irati e da área amostrada. ....	16
<b>Figura 2.</b> Esquema de um bloco (1 ha) com divisões em parcelas (0,25 ha) e faixas (0,05 ha).....	17
<b>Figura 3.</b> Número de árvores observado e estimado por diferentes métodos de abordagem para ajustes com a função Weibull 3P pelo método da Máxima Verossimilhança.....	33
<b>Figura 4.</b> Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado para todas as funções propostas e Resíduos das funções de melhor desempenho para os dados levantados em 2008. ....	36
<b>Figura 5.</b> Número de árvores por hectare (N/ha) observados e estimados e Resíduos das funções de melhor desempenho para os dados levantados em 2005. ....	40
<b>Figura 6.</b> Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado e Resíduos das funções de melhor desempenho para os dados levantados em 2002. ....	43
<b>Figura 7.</b> Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado pelas funções de melhor desempenho para as 20 espécies de maior IVI. ....	54
<b>Figura 8.</b> Distribuição diamétrica da canela-sassafrás e erva-mate indicando a tendência da unimodalidade com assimetria positiva para dados agrupados em intervalos de 2 cm. ....	56
<b>Figura 9.</b> Resíduos para cada intensidade amostral e tamanho de parcela analisados. ....	60
<b>Figura 10.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para todas as espécies. ....	62
<b>Figura 11.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para todas as espécies. ....	63
<b>Figura 12.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para todas as espécies. ....	63
<b>Figura 13.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Araucaria angustifolia</i> . ....	66
<b>Figura 14.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para <i>Araucaria angustifolia</i> . ....	66
<b>Figura 15.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Araucaria angustifolia</i> . ....	67
<b>Figura 16.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ilex paraguariensis</i> . ....	68
<b>Figura 17.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para <i>Ilex paraguariensis</i> . ....	69
<b>Figura 18.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ilex paraguariensis</i> . ....	69
<b>Figura 19.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ocotea odorifera</i> . ....	70
<b>Figura 20.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Ocotea odorifera</i> . ....	71
<b>Figura 21.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ocotea odorifera</i> . ....	71
<b>Figura 22.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Nectandra grandiflora</i> . ....	73
<b>Figura 23.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Nectandra grandiflora</i> . ....	73

<b>Figura 24.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Nectandra grandiflora</i> .....	74
<b>Figura 25.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ocotea porosa</i> .....	76
<b>Figura 26.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Ocotea porosa</i> .....	76
<b>Figura 27.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ocotea porosa</i> .....	77
<b>Figura 28.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Casearia decandra</i> .....	78
<b>Figura 29.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Casearia decandra</i> .....	79
<b>Figura 30.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Casearia decandra</i> .....	79
<b>Figura 31.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Cedrela fissilis</i> .....	81
<b>Figura 32.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Cedrela fissilis</i> .....	81
<b>Figura 33.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Cedrela fissilis</i> .....	82
<b>Figura 34.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ocotea puberula</i> .....	83
<b>Figura 35.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Ocotea puberula</i> .....	84
<b>Figura 36.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ocotea puberula</i> .....	84
<b>Figura 37.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Matayba elaeagnoides</i> .....	86
<b>Figura 38.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Matayba elaeagnoides</i> .....	86
<b>Figura 39.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Matayba elaeagnoides</i> .....	87
<b>Figura 40.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Nectandra megapotamica</i> .....	88
<b>Figura 41.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Nectandra megapotamica</i> .....	89
<b>Figura 42.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Nectandra megapotamica</i> .....	89
<b>Figura 43.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Coussarea contracta</i> .....	91
<b>Figura 44.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Coussarea contracta</i> .....	91
<b>Figura 45.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Coussarea contracta</i> .....	92
<b>Figura 46.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Myrsine umbellata</i> .....	93

<b>Figura 47.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Myrsine umbellata</i> .....	94
<b>Figura 48.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Myrsine umbellata</i> .....	94
<b>Figura 49.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Capsicodendron dinisii</i> .....	96
<b>Figura 50.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Capsicodendron dinisii</i> . ....	96
<b>Figura 51.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Capsicodendron dinisii</i> .....	97
<b>Figura 52.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ocotea diospyrifolia</i> . ....	98
<b>Figura 53.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Ocotea diospyrifolia</i> . ....	99
<b>Figura 54.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ocotea diospyrifolia</i> . ....	99
<b>Figura 55.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Casearia sylvestris</i> .....	101
<b>Figura 56.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Casearia sylvestris</i> . ....	101
<b>Figura 57.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para a classe superior adjacente para a <i>Casearia sylvestris</i> . ....	102
<b>Figura 58.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Prunus brasiliensis</i> . ....	103
<b>Figura 59.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Prunus brasiliensis</i> . ....	103
<b>Figura 60.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Prunus brasiliensis</i> . ....	104
<b>Figura 61.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Ilex theezans</i> . ....	105
<b>Figura 62.</b> - Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Ilex theezans</i> .....	106
<b>Figura 63.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Ilex theezans</i> . ....	106
<b>Figura 64.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Myrcia hebepetala</i> . ....	108
<b>Figura 65.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Myrcia hebepetala</i> . ....	108
<b>Figura 66.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Myrcia hebepetala</i> . ....	109
<b>Figura 67.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Dalbergia brasiliensis</i> . ....	110
<b>Figura 68.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Dalbergia brasiliensis</i> . ....	110
<b>Figura 69.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Myrcia hebepetala</i> .....	111

<b>Figura 70.</b> Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para <i>Campomanesia xanthocarpa</i> . .....	112
<b>Figura 71.</b> Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a <i>Campomanesia xanthocarpa</i> .....	113
<b>Figura 72.</b> Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para <i>Campomanesia xanthocarpa</i> .....	113

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Número de parcelas avaliadas para cada intensidade amostral (IA) nos tamanhos propostos. .....	28
<b>Tabela 2.</b> Estatísticas dos dados de DAP nas três ocasiões em que os dados foram levantados. ....	31
<b>Tabela 3.</b> Coeficientes e estatísticas dos diferentes métodos de abordagem na floresta utilizando-se da função Weibull 3P - Máxima Verossimilhança .....	32
<b>Tabela 4.</b> Número de árvores observado e estimado por diferentes métodos de abordagem na floresta. .....	32
<b>Tabela 5.</b> Coeficientes e estatísticas das funções ajustadas com e sem o uso da PNL para os dados levantados em 2008. ....	34
<b>Tabela 6.</b> Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2008. ....	35
<b>Tabela 7.</b> Coeficientes e estatísticas das funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL ajustadas para os dados levantados em 2005. ....	38
<b>Tabela 8.</b> Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2005. ....	39
<b>Tabela 9.</b> Coeficientes e estatísticas das funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL ajustadas para os dados levantados em 2002. ....	41
<b>Tabela 10.</b> Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2002. ....	42
<b>Tabela 11.</b> Espécies de maior IVI e principais estatísticas do diâmetro à altura do peito - DAP (cm) de cada espécie. ....	48
<b>Tabela 12.</b> Coeficientes e estatísticas das Funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL para as 20 espécies de maior IVI. ....	50
<b>Tabela 13.</b> Número de árvores por hectare (N/ha) observados e estimados pelas funções de melhor desempenho de acordo com o índice de Reynolds. ....	52
<b>Tabela 14.</b> Número de árvores observado e estimado para cada intensidade amostral e tamanhos de unidades amostrais analisados. ....	60
<b>Tabela 15.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da floresta como um todo em classes de DAP com intervalo de 10 cm. ....	61
<b>Tabela 16.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Araucaria angustifolia</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	65
<b>Tabela 17.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ilex paraguariensis</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	67
<b>Tabela 18.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ocotea odorifera</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	70
<b>Tabela 19.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Nectandra grandiflora</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	72
<b>Tabela 20.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ocotea porosa</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	75
<b>Tabela 21.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Casearia decandra</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	78
<b>Tabela 22.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Cedrela fissilis</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	80

<b>Tabela 23.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ocotea puberula</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	83
<b>Tabela 24.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Matayba elaeagnoides</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	85
<b>Tabela 25.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Nectandra megapotamica</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	88
<b>Tabela 26.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Coussarea contracta</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	90
<b>Tabela 27.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Myrsine umbellata</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	93
<b>Tabela 28.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Capsicodendron dinisii</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	95
<b>Tabela 29.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ocotea diospyrifolia</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	98
<b>Tabela 30.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Casearia sylvestris</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	100
<b>Tabela 31.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Prunus brasiliensis</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	102
<b>Tabela 32.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Ilex theezans</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	105
<b>Tabela 33.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Myrcia hebeptala</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	107
<b>Tabela 34.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Dalbergia brasiliensis</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	109
<b>Tabela 35.</b> Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie <i>Campomanesia xanthocarpa</i> em classes de DAP com intervalo de 5 cm. ....	112

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho das funções densidade de probabilidade (fdp) Beta (Momentos e Máxima Verossimilhança), Weibull 2 e 3 Parâmetros (Percentis e Máxima Verossimilhança) e Exponencial de Meyer (tipos I e II) a fim de expressar a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. A área de estudo faz parte da Floresta Nacional de Irati (FLONA) localizada no município de Fernandes Pinheiro, estado do Paraná. Nessa floresta foram instaladas parcelas permanentes com área total amostrada de 25 ha, onde foram realizadas 3 medições (2002, 2005 e 2008). Os ajustes foram realizados considerando todas as espécies amostradas e para as 20 espécies de maior IVI. Foi também avaliada a influência do tamanho de unidades amostrais no ajuste das fdp's e a evolução da distribuição diamétrica da floresta e das 20 espécies analisadas, ao longo de 6 anos (2002-2008). Para avaliação dos ajustes foram utilizados os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Hollander-Proschan, além do Erro Padrão de Estimativa (%), índice de Reynolds e análise de resíduos. Os resultados indicaram que a função Weibull 3P foi a que melhor representou a distribuição diamétrica da floresta como um todo, podendo ser utilizado tanto o método de Máxima Verossimilhança como o método dos Percentis. Para as espécies analisadas, as funções Weibull 3P e Beta apresentaram bons desempenhos e, portanto, ambas são recomendadas. Nos ajustes realizados para diferentes tamanhos de parcelas, observou-se que parcelas de 50m x 50m apresentaram melhores estimativas, no entanto, os resultados a este respeito não foram conclusivos. Quanto à evolução da distribuição diamétrica, observou-se que em um período de 6 anos houve pouca mudança na forma da distribuição diamétrica para a floresta como um todo e para as espécies analisadas.

**Palavras-chave:** Floresta de Araucária, Funções de distribuição, Estrutura diamétrica.



## ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the efficiency of the probability density functions (pdf) Beta (Moments and Maximum Likelihood), Weibull 2 and 3 Parameters (Percentiles and Maximum Likelihood) and Exponential Meyer I and II to describe the diameter distribution of a Mixed Ombrophyllous Forest fragment. The study area is part of the Irati National Forest (FLONA) located at Fernandes Pinheiro district, in Parana State. In this fragment, permanent plots were installed (25 ha), where 3 data measurements were done (2002, 2005 and 2008). The adjustments were done for the forest as a whole and for the 20 species with higher IVI values. The influence of size plots on the adjustment of pdf 's was evaluated, as well as the progress of the diameter distribution for the forest as a whole and for the 20 species analyzed, along 6 years (2002-2008). To evaluate the adjustments, the goodness-of-fit tests Kolmogorov-Smirnov and Hollander-Proschan were used, as well as, the Standard Error (%), Reynolds Index and Residual Graphics. The results showed that Weibull 3P was the best pdf function to describe the forest as a whole and both studied methods (Percentiles and Maximum Likelihood) could be used. For the 20 individual species studied, Weibull 3P and Beta had satisfactory performance and both are recommended. For the adjustments done for different plot sizes, the 50 m x 50 m presented the best results, but the final evaluation about this experiment was not conclusive. A little change of the diameter distribution for the forest as a whole and for the 20 species was observed along 6 years period.

**Key-words:** Araucaria forest; Distribution functions; diametric structure.

## 1. INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Floresta com Araucária é detentora de muitas espécies florestais endêmicas e de grande valor comercial. A extração de madeira de maneira insustentável e a expansão agrícola em décadas passadas, dentre outros fatores, levaram essa tipologia florestal a uma expressiva redução em sua área de abrangência original.

Esta unidade fitogeográfica recobria a maior parte do território do sul do Brasil, sendo que, no Paraná, ocupava 37% da área total do estado, estando restrito hoje a pouco mais de 0,8% de formações, que se aproximam em diversidade e estrutura da floresta original (FUPEF, 2001).

Ainda que essa tipologia florestal esteja reduzida a fragmentos, é de fundamental importância que sejam desenvolvidos estudos, tendo em foco, o manejo sustentável. No entanto, para se propor métodos que visem a exploração de modo racional, faz-se necessário o acompanhamento da floresta.

O monitoramento por meio de parcelas permanentes permite avaliar o crescimento e a evolução da floresta, importantes para definir métodos de exploração, visando os princípios da sustentabilidade.

Uma das principais razões do manejo em florestas com araucária ser pouco difundido no sul do Brasil, é que estudos voltados ao manejo nessa tipologia florestal ainda são escassos, mesmo que nela sejam encontradas inúmeras espécies de grande valor comercial.

O conhecimento da distribuição diamétrica é uma das ferramentas fundamentais de amparo ao manejo florestal. Permite definir em quais classes diamétricas as árvores são mais frequentes, predizer a área basal, avaliar a tipologia florestal e, quando associada às informações de recrutamento por classes de diâmetro adjacentes, ou informações de incremento para todas as espécies, ou para uma espécie em especial, possibilita construir tabelas de produção presente e futura. Além disso, a partir das distribuições diamétricas de florestas mistas é possível analisar a intensidade de regeneração natural por espécie e para a floresta como um todo e avaliar a estrutura da floresta.

Segundo Husch et al. (2002), o conhecimento da estrutura da floresta é de grande importância para decisões acerca de métodos silviculturais a serem aplicados e estimar a produção dos diferentes produtos que se pode obter da floresta.

Neste caso, o conhecimento das distribuições diamétricas aliadas ao crescimento da floresta, torna-se imprescindível para a tomada de decisões em um plano de manejo florestal,

auxiliando na definição das intervenções em classes nas quais a frequência de árvores é maior, sem desorganizar a estrutura da floresta.

Segundo Machado et al. (1997) diversos são os modelos matemáticos apropriados para descrever distribuição de frequência por unidade de área em relação às classes sucessivas de diâmetro, sendo que os mais conhecidos envolvem o uso de funções de densidade probabilísticas.

As funções densidade de probabilidade (fdp) mais difundidas no campo florestal são: Gama, Beta, Normal, Exponencial, Weibull,  $S_B$  de Johnson. Existem diferentes métodos para estimar os parâmetros das funções densidade de probabilidade, tais como o método dos Momentos, Regressão, Máxima Verossimilhança e Percentis, além de outros estimadores que têm sido desenvolvidos por inúmeros pesquisadores nos últimos anos.

Algumas fdp (s) podem se ajustar melhor do que outras dependendo da estrutura da floresta e de como os diâmetros se dispõem nos intervalos de classes. Além disso, alguns métodos de ajuste podem apresentar melhores estimativas do que outros. Em estudos de distribuições diamétricas, normalmente são testadas diferentes funções (fdp) e diferentes métodos para predição de seus parâmetros.

No Brasil a maioria dos estudos sobre distribuição diamétrica está voltada para as florestas plantadas, geralmente com *Pinus* e *Eucalyptus*. Poucos estudos têm sido desenvolvidos em florestas mistas, ainda que elas ocupem a maior parte do território brasileiro. Assim, depreende-se a importância de desenvolver estudos referentes à utilização das funções de densidade de probabilidade para descrever a estrutura diamétrica em florestas mistas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho de funções densidade de probabilidade para expressar a distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista com diferentes procedimentos de ajustes e para diversos tamanhos de parcelas.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar as funções de densidade de probabilidade (fdp) Weibull, Beta e Exponencial de Meyer para expressar a distribuição diamétrica da floresta como um todo (25 ha) e para as 20 espécies de maior IVI;
- Analisar o efeito de diferentes métodos de obtenção dos coeficientes das fdp (s);
- Verificar o efeito de diferentes tamanhos de parcelas na estimativa dos parâmetros das fdp (s).
- Avaliar o uso da Programação Não-Linear no ajuste das fdp (s);
- Avaliar a evolução da distribuição diamétrica para a floresta como um todo e para as 20 espécies de maior IVI no período entre 2002 e 2008, considerando mortalidade, ingresso e movimentação de árvores nas classes diamétricas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Distribuição diamétrica em florestas mistas**

As florestas podem ser classificadas como florestas equiâneas e inequiâneas. As equiâneas são aquelas onde todas as árvores foram plantadas em um mesmo ano, sendo possível definir a idade e, neste caso, as distribuições diamétricas são fundamentais para o estudo da prognose de produções futuras por classes diamétricas, ou seja, avaliação de multiprodutos da madeira. Por outro lado, as florestas inequiâneas são aquelas originadas da regeneração natural, de maneira contínua, onde são encontradas árvores com idades diferentes. Neste caso, a variável “idade” não é empregada em modelos de prognose. Normalmente, estes modelos utilizam apenas a variável diâmetro ou área basal (modelos de simples entrada), para avaliar produções futuras. Portanto, o conhecimento da estrutura e da distribuição diamétrica em florestas mistas é de grande relevância quando se quer definir medidas a serem adotadas em um plano de manejo.

Segundo Robinson (2004) a distribuição diamétrica é um histograma de frequência do diâmetro à altura do peito (DAP) de árvores e pode apresentar uma grande variedade de formas, tais como: exponencial negativa, unimodal, bimodal ou irregular, dependendo da estrutura florestal. Esse autor acrescentou que, mesmo que as distribuições diamétricas gerem uma modelagem aproximada, podem ser suficientes para sugerir uma decisão de manejo.

Arce (2004) afirmou que a distribuição diamétrica é a ferramenta mais simples e poderosa para caracterizar a estrutura de uma floresta.

Thiersch (1997) citou que por meio da compreensão da distribuição diamétrica das árvores que compõem um povoamento florestal é possível identificar seu potencial de uso presente ou futuro. Esse mesmo autor acrescentou que desenvolver um sistema de predição presente e futuro auxilia a definir a rotação econômica ótima, simular diferentes opções de desbastes e definir a época e intensidade de desbastes, dentre outras possibilidades.

Machado et al. (1997) afirmaram que o conhecimento da distribuição diamétrica de um povoamento florestal e sua evolução com o tempo é básico para o manejo, planejamento e controle da atividade florestal.

Em povoamentos inequiâneos, a floresta apresenta indivíduos desde a fase de plântula/semente até árvores em estado de senescência. A distribuição típica destas florestas

apresenta um grande número de pequenas árvores com frequência decrescente com o aumento da classe de diâmetro (FINGER, 1992). Meyer (1952) afirmou que quanto maior for o número de árvores nas classes diamétricas menores, maior será o número de árvores por unidade de área. Esse autor descreveu a característica de crescimento em curvas de distribuição diamétrica, que se dá por um movimento da esquerda para a direita.

De Liocourt, em 1898, foi o precursor nos estudos de distribuições diamétricas em florestas mistas, ao afirmar que a distribuição neste tipo de formação florestal se comportava em forma de “J-invertido”. Esse mesmo autor afirmou que, para evitar o desequilíbrio da estrutura diamétrica, seria necessário estabelecer diretrizes no manejo da floresta, tentando conduzi-la para uma “distribuição balanceada”, a fim de se chegar a um nível de produção sustentada.

Meyer (1952) seguindo esta linha de estudo, introduziu o conceito de “floresta balanceada” ou “distribuição diamétrica balanceada”, termo utilizado para descrever o crescimento corrente que poderia ser removido periodicamente, sem alterar a estrutura e o estoque inicial, garantindo assim um rendimento sustentável. Meyer et al.(1961), afirmaram que a distribuição diamétrica em formações florestais pode ser muitas vezes descontínua, não seguindo realmente a forma “J-invertido” e muito menos ser balanceada. Entretanto, do ponto de vista ecológico, a distribuição diamétrica deveria ser balanceada e o estoque em crescimento deveria conservar a biodiversidade das florestas mistas.

Leak (1964) citou que a distribuição “J-invertido” expressa a distribuição diamétrica tipicamente encontrada em populações multiâneas e que a média de duas ou mais variáveis dessa distribuição não se comporta da mesma forma que uma variável básica. O mesmo autor afirmou que esta distribuição também é aplicável a mensurações biológicas de populações de rápido crescimento, com organismos que vivem sob forte competição, supressão e outras características que lhes são peculiares.

As distribuições diamétricas se mantêm praticamente inalteradas em florestas primárias e naquelas manejadas de maneira adequada. Isto acontece principalmente pelo equilíbrio entre crescimento e mortalidade (MEYER, 1952).

A distribuição diamétrica que garante a sobrevivência de uma espécie florestal, bem como seu aproveitamento racional em regime de rendimento sustentado, é sem dúvida a “distribuição diamétrica regular”, cuja premissa é de que as classes inferiores devem manter um número maior de indivíduos, a fim de compensar a redução por exploração ou morte natural no processo de transição de mudança de classes. As espécies que apresentam

distribuição diamétrica não regular estarão em desvantagem na disputa pela sobrevivência até o estado clímax (FINOL, 1964).

Schaaf et al. (2006) afirmaram que a maneira mais adequada para entender o desenvolvimento da distribuição diamétrica da floresta é monitorá-la sistematicamente e por longos períodos. A metodologia conhecida mais indicada para tal finalidade é a instalação de parcelas permanentes.

### 3.2. Funções densidade de probabilidade

As distribuições probabilísticas constituem conceitos fundamentais na estatística com aplicações práticas e teóricas cujas frequências esperadas de ocorrência da variável aleatória são estimadas pelas funções probabilísticas. Essas funções são classificadas, de acordo com as variáveis aleatórias envolvidas como discretas e contínuas, nas quais o número de ocorrências é finito e infinito, respectivamente (EMBRAPA, 2002).

As funções probabilísticas contínuas, também conhecidas como funções densidade de probabilidade (fdp), podem ser agrupadas quanto aos picos de frequência (unimodal ou multimodais), simetria (simétricas ou assimétricas), tipo de curvatura (rígida ou flexível) e número de variáveis aleatórias (univariadas ou multivariadas) (EMBRAPA, 2002). Segundo Bussab e Morettin (1987), a característica principal de uma variável aleatória contínua é que, sendo resultado de uma mensuração, o seu valor pode ser pensado como pertencendo a um intervalo ao redor do valor efetivamente observado.

Uma função probabilística contínua e univariada  $f(x)$  apresenta as seguintes propriedades (EMBRAPA, 2002) :

1.  $f(x) \geq 0$  para todos os valores de  $x$  dentro de um intervalo considerado
2.  $\int f(x) \delta x = 1$
3.  $f(x) = 0$ , se  $x$  está contido fora do intervalo considerado

Assim a probabilidade de  $x$  ocorrer num intervalo, depende da integral:

$$p[a \leq x \leq b] = \int_a^b f(x) dx$$

Integrando-se  $f(x)$  resulta na função de distribuição acumulada  $F(x)$  e esta resulta na probabilidade que a variável  $x$  assume até este ponto. A  $F(x)$  apresenta as seguintes propriedades:

1. Não é decrescente
2. Quando  $x$  tende a mais infinito  $F(x) = 1$
3. Quando  $x$  tende a menos infinito  $F(x) = 0$

$$P(a \leq x \leq b) = F(b) - F(a)$$

para  $a < b$

### 3.2.1. Função Beta

A distribuição Beta foi desenvolvida por Pearson em 1894 e introduzida na área florestal por Zöhrer, (FINGER, 1992). É muito flexível e pode assumir várias formas. Finger (1992) citou que a função Beta pode gerar uma grande variedade de formas de distribuições decrescentes e unimodais, dependendo da magnitude dos expoentes. Porém, tem sua utilização limitada pelo fato de não fornecer estimativas para  $x = 0$  (origem) e de ter sua aplicação dependente da variação do eixo  $x$  entre os limites de 0 e 1 (EMBRAPA 2002).

Se  $\alpha = \beta$  a distribuição é simétrica; se  $\alpha > \beta$  a assimetria é negativa e no caso de  $\alpha < \beta$  a assimetria é positiva.

A função Beta pode ser ajustada por meio do método dos momentos, Máxima Verossimilhança e regressão, dentre outros.

### 3.2.2. Função Weibull

A função Weibull foi desenvolvida por Fischer e Tippett em 1928 e aplicada por Weibull em 1939 (PRODAN et al., 1997). Em 1973, Bailey e Dell apresentaram a função Weibull aplicada à modelagem em florestas, considerando-a matematicamente simples e



flexível e mais fácil de ser utilizada do que a distribuição Beta, pelo fato de não requerer integração numérica para o cálculo do número de indivíduos nas classes (EISFELD et al., 2005).

É uma das funções mais destacadas e utilizadas no campo florestal. Pode ser apresentada e ajustada de duas maneiras: Weibull com dois parâmetros, neste caso, o parâmetro de locação  $a$  é igual a zero; e Weibull de três parâmetros onde os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  são responsáveis pela locação, escala e forma da distribuição, respectivamente (BARRA et al., 2004).

Alguns autores (PALAHI et al., 2006; PALAHI et al., 2007, ZUTTER, 1982) utilizaram a Weibull 2 Parâmetros modificada, conhecida como Weibull truncada à esquerda, onde o ponto de truncamento é o diâmetro mínimo medido na floresta.

A distribuição Weibull pode ter uma variedade de formas determinadas pelo parâmetro  $c$ . Quando  $c < 1$ , a função é decrescente de maneira abrupta; quando  $c = 1$  a função é exponencial negativa; para valores onde  $c > 1$  a função é unimodal; quando  $1 < c < 3,6$  a distribuição tem assimetria positiva; quando  $c = 3,6$  é aproximadamente uma distribuição normal e quando  $c > 3,6$  a distribuição tem assimetria negativa (BAKER et al., 2005).

Nos últimos anos algumas formas modificadas da função Weibull foram desenvolvidas incluindo-se um maior número de parâmetros. Zhang e Liu (2006) ajustaram as funções Weibull 2P, Weibull 2P com potência modificada e “Weibull combinada” para descrever distribuições diamétricas irregulares, como bimodais e “sigmóide girado” (distribuição decrescente com a presença de uma moda nas classes superiores) e concluíram que a “Weibull combinada” foi a melhor função para descrever distribuições diamétricas irregulares.

Westphal et al. (2006) testaram a função exponencial, Weibull com 3 parâmetros e Weibull bimodal com 7 parâmetros para avaliar a distribuição diamétrica de florestas temperadas virgens de *Fagus* spp., no sudeste da Europa. Concluíram que a exponencial e a Weibull 3P subestimam o número de árvores nas classes intermediárias e em alguns casos houveram distribuições bimodais onde a Weibull 7P apresentou melhores estimativas.

Robinson (2004) testou a função Weibull reversa onde o parâmetro de locação é o valor máximo ao invés do valor mínimo. O autor acrescentou que esta função só pode ser aplicada onde a moda não está localizada nas extremidades, em casos onde o parâmetro de forma  $c < 1$ .

### 3.2.3. Função Exponencial Negativa

A função exponencial tem sido utilizada para representar as distribuições de diâmetro decrescentes, trazendo bons resultados (PRODAN et al., 1997).

A distribuição exponencial negativa pode ser ajustada pela função proposta por Meyer (função de densidade tipo I). Se uma floresta apresenta tal distribuição de diâmetros é considerada balanceada. Esta função admite um quociente de decréscimo proporcional e constante, de modo que os fatores ingresso, mortalidade e crescimento atingem, em proporção constante, as frequências em todas as classes de diâmetro da distribuição, gerando uma linha reta quando plotado em papel semi-logaritmo (FINGER, 1992).

Segundo Loetsch et al. (1973), pode-se usar ainda para esse tipo de estrutura florestal, a função de densidade tipo II. Nesta, o modelo hiperbólico apresenta a variável independente elevada ao quadrado e, portanto, o quociente entre o número de árvores por classe de diâmetros não é constante, mas aumenta com o acréscimo dos diâmetros, resultando em distribuições não lineares sobre o papel semi-logaritmo.

### 3.3. Teste de aderência Kolmogorov – Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) foi definido por Kendall e Stuart (1977) como sendo a diferença máxima absoluta (D) entre a frequência observada acumulada ( $F_{o(x)}$ ) e a frequência esperada acumulada ( $F_{e(x)}$ ).

Segundo Scolforo (1998), o teste Kolmogorov – Smirnov (K-S) é mais adequado para avaliação do ajuste das distribuições quando comparado com o teste G (Log.likelihood ratio) e o teste  $\chi^2$  (qui-quadrado).

A distribuição que apresenta o menor  $D_{calc}$  indica o melhor ajuste (Campos, 1981). De acordo com Neave (1981) o  $D_{calc}$  é obtido dividindo-o pelo número total de árvores. Se  $D_{calc} < D_n(\alpha)$ , aceita-se o ajuste. O valor  $D_n(\alpha)$  é obtido em uma tabela K-S a um nível  $\alpha$  de probabilidade.

### 3.4 Índice de Reynolds

Alguns autores (TORRES-ROJO et al., 2000; CAO, 2004; QIN et al., 2007; PEUHKURINEN et al., 2008; SIIPILEHTO, 2008) têm utilizado o índice de Reynolds para avaliar funções densidade de probabilidade para caracterizar distribuições diamétricas.

Segundo Qin et al. (2007), o índice proposto por Reynolds et al. (1988) determina o desempenho dos métodos por classe diamétrica. Torres-Rojo et al. (2000) citaram que o índice de Reynolds é definido como a soma ponderada das diferenças absolutas entre o número de árvores observado e estimado das árvores em cada classe diamétrica. Esse autor afirmou ainda que a ponderação pode ser feita com o volume ou valor da madeira, ainda que Reynolds et al. (1988) afirmem que outra ponderação pode ser utilizada. Assim, Torres-Rojo et al. (2000) sugerem a utilização da área basal observada em cada classe diamétrica para fins de ponderação. Peuhkurinen et al. (2008) também utilizaram a área basal para ponderação no índice de Reynolds.

Siipilehto (2008); Cao (2004) e Qin et al. (2007) não utilizaram ponderação e consideraram apenas o somatório dos desvios absolutos entre valores observados e estimados nas classes diamétricas para o cálculo do índice de Reynolds,

Podlaski (2005) comparou o índice de Reynolds com e sem a ponderação da área basal para avaliar distribuições diamétricas. Concluiu que utilização da área basal para fins de ponderação não apresentou efeitos significativos na análise das distribuições.

### 3.5 Distribuições diamétricas por espécie

Segundo Bunyavejchewin et al. (2001) a distribuição diamétrica por espécie pode, frequentemente, prover informações adicionais a respeito das florestas, como distúrbios passados, principalmente se informações de tolerância de luz e padrões de estabelecimento da espécie são conhecidas. Loewenstein et al. (2000) afirmaram que onde ocorrem espécies de crescimento lento e tolerantes à sombra, estas ocupam em grande número o estrato arbóreo inferior e, portanto, se apresentam em maior número na menor classe de diâmetro. Isso ocorre, pois as espécies ombrófilas apresentam a capacidade de regeneração em pequenas

clareiras e sobrevivem por muito tempo como plântulas suprimidas no sub-bosque, apresentando uma regeneração contínua (UMAÑA et al., 1998).

Loewentein et al. (2000) citaram que, por outro lado, espécies intolerantes à sombra (pioneiras) normalmente ocorrem com uma distribuição em forma de sino, característico de plantios equiâneos. Umaña et al. (1998) justificaram que espécies heliófilas apresentam distribuições com pouca regeneração (poucos indivíduos nas primeiras classes) e esta característica perdura por muito tempo, pois clareiras grandes aparecem com menor frequência do que clareiras pequenas.

Canalez et al. (2006) afirmaram que a forma de distribuição “J-invertido” para uma determinada espécie define que esta mantém a regeneração dentro de um fluxo contínuo. Por outro lado, distribuições diamétricas com poucos elementos nas classes menores indicam descontinuidade de regeneração.

Bunyavejchewin (2001) analisando distribuições diamétricas de algumas espécies individuais em florestas tropicais na Tailândia encontraram grande variedade nas distribuições das espécies. De 16 espécies analisadas, 6 apresentaram distribuição decrescente, 8 apresentaram distribuição normal com assimetria positiva e 2 apresentaram distribuições multimodais.

Silva et al. (2004) ajustaram as funções Weibull e Exponencial (Meyer) para todas as espécies e para quatro espécies separadamente do gênero *Aspidosperma* spp. em uma mata de galeria localizada no Distrito Federal. Os dados foram separados em intervalos de 10 cm de CAP a partir de 30 cm. Concluíram que a função de Meyer superestimou os indivíduos nas menores classes das distribuições e que a função Weibull subestimou a frequência nas primeiras classes e superestimou nas classes intermediárias.

### **3.6 O emprego de Funções Densidade de Probabilidade (fdp's) para expressar a distribuição diamétrica em florestas mistas**

Um dos primeiros fatores a definir quando se estuda a distribuição diamétrica em florestas é a amplitude que se deve considerar para cada classe de diâmetro. A escolha da melhor amplitude de classes para representar a distribuição diamétrica deve ser criteriosa. Para Pereira e Tanaka (1984), a determinação da amplitude do intervalo de classe varia de

acordo com o número de classes que se deseja, salientando que, quanto maior for a amplitude da classe, menor a precisão nas estimativas. Lamprecht (1962) afirmou que geralmente são utilizados intervalos de classes de 10 ou 20 cm. Para Bernal (1967), o intervalo de classe mais adequado para avaliação da distribuição diamétrica é de 10 cm de amplitude.

Barros (1980) em estudos realizados na floresta do Planalto Tapajós, na Amazônia, testou várias fdp(s) dentre elas a Exponencial (Meyer tipo I e II), Weibull 2 parâmetros, Polinomial de Goff & West, e Beta, para representar a distribuição diamétrica de todas as espécies, algumas de valor comercial e algumas mais frequentes para as amplitudes diamétricas de 10, 7 e 5 cm. O diâmetro mínimo utilizado foi 15 cm. Concluiu que a Exponencial, Polinomial de Goff & West, e Beta foram as que melhor representaram a população de um modo geral e que a melhor amplitude para os dados foi de 10 cm.

Cruz (2000) comparou três métodos para definição de intervalos de classes. Propôs o novo método denominado CROSS, em escala logarítmica natural frente a dois outros procedimentos, o tradicional em escala decimal e o proposto por HERING em escala semi-logarítmica. O autor buscou caracterizar as estruturas diamétrica e basimétrica na Floresta Nacional de Tapajós, Pará, por meio da função exponencial Meyer tipo I. Concluiu que o novo método proposto é superior aos outros dois métodos comparados.

Gorgoso et al. (2007) ao estudarem a distribuição diamétrica em florestas originadas da regeneração natural de *Betula Alba* L. na Galícia, noroeste da Espanha, testaram a função Weibull 2 parâmetros, comparando quatro métodos de ajuste: Percentis, Regressão não-linear, Máxima Verossimilhança e Momentos para árvores com diâmetros a partir de 5 cm. Concluíram que o método que se ajustou melhor aos dados foi o método da Regressão Não-Linear.

Batista (1989) ajustou a função Weibull pelo método dos Percentis, Máxima Verossimilhança, Momentos e Funções Lineares em uma floresta pluvial no Maranhão. Concluiu que todos os métodos apresentaram boas estimativas, exceto o método das Funções Lineares e que o método dos Percentis é o mais indicado para representar a distribuição original, por apresentar melhores valores estimados em relação aos observados.

Ferreira et al. (1998) ajustaram a função Weibull para representar a distribuição diamétrica de uma Floresta Secundária Estacional Semidecidual de transição em Minas Gerais, submetida a 2 regimes de desbastes e corte raso, além de um tratamento considerado testemunha. Após 10 anos de monitoramento da floresta, os autores relataram que o parâmetro

de forma  $c$  ultrapassou o valor de 1 ( $c > 1$ ) para a área submetida ao corte raso, caracterizando recuperação parcial da estrutura diamétrica da área estudada.

Negreiros et al. (1990) avaliaram as funções Beta e Meyer por meio do teste  $\chi^2$  para representar a distribuição diamétrica de um floresta pluvial no estado de São Paulo e concluíram que a função Beta apresentou melhores estimativas, de acordo com o teste de aderência utilizado.

Cunha (1995) testou os modelos Beta, Exponencial e Weibull na Estação Experimental de Curuá-una na floresta amazônica e concluiu que a função Beta apresentou as melhores estimativas.

Umaña et al. (1998) testaram as funções Beta (Momentos), Weibull (Máxima Verossimilhança) e Gama (Momentos) para representar a distribuição diamétrica na floresta amazônica e concluíram que a função Weibull apresentou os melhores ajustes segundo o teste Kolmogorov-Smirnov e análise gráfica de resíduos. Afirmaram que a função Beta também pode ser empregada, para a área estudada, uma vez que esta função também foi aderente ao nível de 5%. Acrescentaram que de modo geral a função Beta tem apresentado melhores resultados para descrever a distribuição diamétrica na floresta amazônica, mas que a função Weibull deve ser melhor estudada.

Silva (1984) ajustou a função Beta em sete fragmentos florestais em inventário realizado no estado do Rio Grande do Sul, incluindo a floresta com araucária por meio do programa BETKLA, programado no FORTRAN. O critério de análise foi a distribuição de resíduos. Concluiu que a função Beta não representou bem os dados de diâmetro, já que esta subestimou as frequências nos dois extremos da distribuição para todas as tipologias florestais.

### **3.7 Dinâmica da Sucessão em Florestas Mistas**

Vanclay (1995) afirmou que o estudo da dinâmica de florestas envolve avaliações no crescimento e as alterações da floresta em sua composição e estrutura. Assim é importante o conhecimento da mortalidade, ingresso e número de árvores que permaneceram/avançaram nas classes em um período considerado.

Segundo Moscovich (2006) nos processos de dinâmica, indivíduos de várias espécies se estabelecem, crescem, reproduzem e morrem. Os indivíduos que morrem são substituídos pelo crescimento dos indivíduos vizinhos ou pelo estabelecimento de novos indivíduos da mesma ou de diferentes espécies. Cada uma dessas mudanças ao longo do tempo interpreta-se como uma transição de um estágio sucessional para outro. O autor acrescentou que o ingresso, o crescimento e a mortalidade são o resultado final do processo de dinâmica na formação dos povoamentos multiâneos.

Segundo Alder (1995) a mortalidade pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles:

- **Excesso de sombreamento:** as pioneiras apresentam grandes taxas de mortalidade nestas condições. Plantas em fase inicial de desenvolvimento estão mais propensas à mortalidade.
- **Infecção de fungos:** deterioração causada por estes patógenos nos troncos aumentam as probabilidades de quedas das árvores. Estão mais associadas às árvores de grande porte.
- **Insetos:** o ataque de insetos é uma das causas de mortalidade em florestas mistas.
- **Morte devido à exploração das árvores circunvizinhas:** As árvores menores estão mais vulneráveis, porém as maiores são danificadas, aumentando as chances de ataque de patógenos.
- **Exposição demasiada à luz:** para as espécies com características de pouca tolerância à luz a abertura de clareiras devido à morte ou de exploração expõe as plantas (na maioria em fase inicial de desenvolvimento) com estas características à luz excessiva.

Rubin et al. (2006) citaram que árvores grandes e saudáveis têm garantido uma grande área de copa e apresentam menor probabilidade de morrerem por competição.

O ingresso é definido como o número de árvores que atingem o diâmetro mínimo de medição em um determinado período (VANCLAY, 1994). Segundo este autor, a taxa de ingresso depende do potencial de regeneração das espécies, da disponibilidade de luz e da competição.

### **3.8 Influência do tamanho de parcelas nos ajustes de funções densidade de probabilidade (fdp)**

Segundo Sokpon e Biaou (2002) o tamanho das parcelas influencia na distribuição. Algumas espécies que apresentam distribuição unimodal em pequenas parcelas podem apresentar a forma de “J-invertido” em parcelas maiores.

Husch et al. (2002) também mencionaram que as distribuições diamétricas em pequenas áreas de florestas mistas podem apresentar grande irregularidade. À medida que se aumenta a área da floresta, estas irregularidades tendem a nivelar-se e a forma “J-invertido” na distribuição diamétrica se torna aparente.

Rubin et al. (2006) afirmaram que seria pouco provável de se esperar a representação de uma distribuição exponencial negativa em amostras relativamente pequenas, mesmo que essas amostras venham de uma maior população com esta distribuição.

Higuchi (2007) testou se a função Weibull (Percentis) sofre influência ao alterar o tamanho das parcelas. Foram utilizados 15 tamanhos diferentes de parcelas, com 10 repetições para os tamanhos menores e com 5 para os maiores. Dados de DAP acima de 10 cm foram distribuídos em 11 classes de diâmetro com intervalos de 10 cm. Concluiu que a Weibull se ajustou muito bem ao conjunto de dados e que o tamanho da unidade amostral não exerceu influência na consistência do modelo.



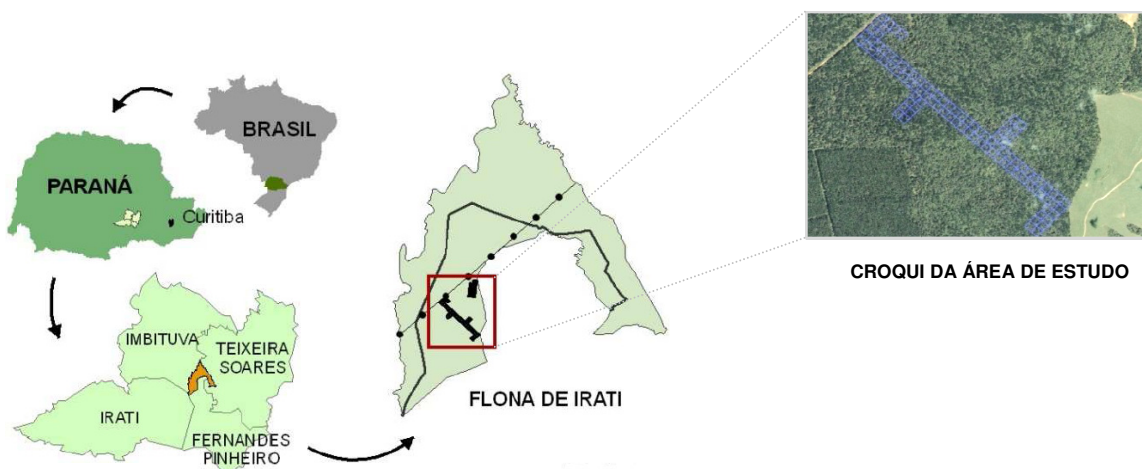
## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização e descrição da área de estudos

A Floresta Nacional (FLONA) de Irati é uma unidade de conservação criada em 1942 que está localizada no Centro-Sul do Paraná, nos municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro, nas coordenadas geográficas 25° 25' de latitude sul, 50° 36' de longitude oeste e 25°17' de latitude sul, 50°30' de longitude oeste (IBAMA, 2008).

O clima microrregional, conforme Köppen é do tipo Cfb – Subtropical Úmido Mesotérmico caracterizado pelos verões frescos, geadas severas e frequentes e sem estação seca (SPVS, 1996). A altitude média do local é de 885 m. O solo é classificado como podzólico vermelho-amarelo e apresenta acidez média. O relevo varia de irregular a plano e a vegetação predominante na área de estudos é a Floresta Ombrófila Mista, de acordo com a classificação do IBGE (IBAMA, 2008).

As parcelas permanentes foram instaladas em 2000/2001 no fragmento de Floresta Ombrófila Mista existente na FLONA. Antes da criação da FLONA, a área sofreu exploração seletiva, mas desde então foi conservada e protegida. Em decorrência disso, pode ser classificada como uma vegetação primária alterada ou uma secundária em estágio avançado (RODE, 2008).

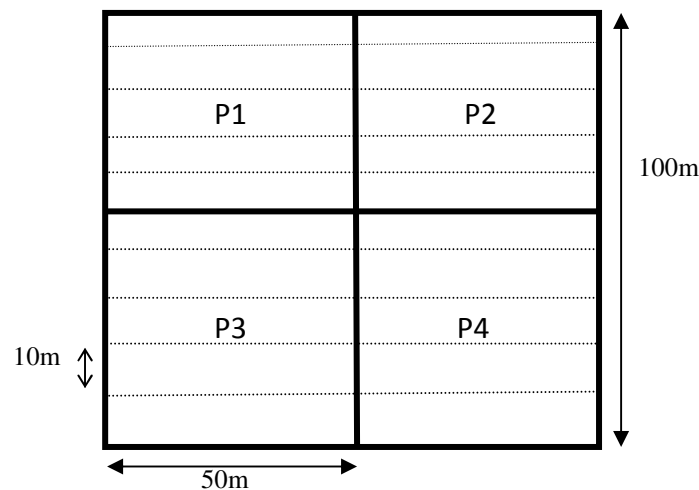


**Figura 1.** Localização da FLONA de Irati e da área amostrada.

Fonte: (RODE, 2008 e STEPKA, 2008 – adaptado por ORELLANA, 2009).

As parcelas permanentes foram instaladas por professores do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO e engloba uma área de 25 hectares, formada por 25 blocos de 1 hectare cada um. Cada bloco é dividido em 4 parcelas quadradas de 50 m x 50 m (2.500 m<sup>2</sup>) e cada parcela é subdividida em faixas de 10 m x 50 m (500 m<sup>2</sup>). A divisão dos blocos em parcelas e subparcelas facilitaram a identificação e localização das árvores em um mapa (Figura 1).

Em 2002 todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) igual ou superior a 10 cm foram medidas, posicionadas espacialmente (X,Y) e avaliadas quanto à espécie. As parcelas foram remedidas em 2005 e 2008.



**Figura 2.** Esquema de um bloco (1 ha) com divisões em parcelas (0,25 ha) e faixas (0,05 ha).

#### 4.2 Ajuste e Avaliação das Funções densidade de probabilidade

Foram ajustadas as funções densidade de probabilidade Beta, Exponencial e Weibull (2 e 3 parâmetros). Para a função Beta foram testados os métodos dos Momentos e o método da Máxima Verossimilhança. Para a função Exponencial foi testado o método da regressão para os modelos Meyer tipo I e Meyer tipo II. Para a função Weibull (2 e 3 parâmetros) foram testados os métodos Percentis e da Máxima Verossimilhança.

## 4.2.1 Descrição das Funções de Densidade e seus métodos de ajustes

### 4.2.1.1 Função exponencial

Sua função densidade de probabilidade é descrita como:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}; & x > 0 \\ 0; & x < 0 \end{cases}$$

O ajuste foi realizado pelo método de regressão linear, após a logaritmização dos modelos a seguir:

$$1. \text{ Meyer tipo I: } \quad N_i = k \cdot e^{-\beta \cdot d_i}$$

$$2. \text{ Meyer tipo II: } \quad N_i = k \cdot e^{-\beta \cdot d_i^2}$$

em que:

$N_i$  = Número de árvores na classe  $i$

$k$  e  $\beta$  = parâmetros a serem estimados

$d_i$  = valor central da classe de diâmetro

$e$  = base do logaritmo neperiano

### 4.2.1.2 Função Beta

É expressa por:

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \frac{1}{(d_{\max} - d_{\min})^{\alpha + \beta - 1}} (d - d_{\min})^{\alpha - 1} (d_{\max} - d)^{\beta - 1}$$

$$\begin{cases} d_{\min} \leq x \leq d_{\max} \\ 0 \text{ em outras ocasiões} \end{cases}$$

$\Gamma$  é a função Gama e os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  definem a forma da distribuição. A função Beta foi ajustada pelos seguintes métodos:

## a) Método dos Momentos

As estimativas dos parâmetros foram realizadas pelas fórmulas:

$$\alpha = \frac{(\bar{d}-d_{\min})[(d_{\max}-\bar{d})(\bar{d}-d_{\min})-\sigma^2]}{\sigma^2(d_{\max}-d_{\min})}$$

$$\beta = \frac{(d_{\max}-\bar{d})[(d_{\max}-\bar{d})(\bar{d}-d_{\min})-\sigma^2]}{\sigma^2(d_{\max}-d_{\min})}$$

em que:

$\bar{d}$  = média da variável aleatória diâmetro

$d_{\min}$  e  $d_{\max}$  = diâmetro mínimo e máximo, respectivamente

$\sigma^2$  = variância da variável aleatória diâmetro

## b) Método da Máxima Verossimilhança

Para que os dados de DAP pertençam ao intervalo entre 0 e 1 foi utilizada a fórmula:

$$DAP_{0-1} = \frac{d_i - d_{\min}}{d_{\max} - d_{\min}}$$

em que:

$d_i$  = diâmetro da árvore

$d_{\min}$  e  $d_{\max}$  = já nominados

## 4.2.1.3 Função Weibull 2 parâmetros

A função de densidade de probabilidade da Weibull 2 parâmetros  $f(x)$  e a sua respectiva distribuição acumulativa  $F(x)$  são expressas pelas fórmulas:

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c}$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right]$$

em que:

$b$  = parâmetro de escala

$c$  = parâmetro de forma

#### 4.2.1.4 Função Weibull 3 parâmetros

A função de densidade de probabilidade da Weibull 3 parâmetros  $f(x)$  e a sua respectiva distribuição acumulativa  $F(x)$  são expressas pelas fórmulas:

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right]$$

em que:

$a$  = parâmetro de localização

$b$  e  $c$  = já nominados

A função Weibull 2 e 3 parâmetros foram ajustadas pelos método dos Percentis e pelo método da Máxima Verossimilhança.

##### a) Método dos Percentis (2 e 3 parâmetros)

Os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  foram estimados pelo método dos Percentis sugerido por Zanakis (1979). Foram utilizados os percentis 0,16731; 0,63 e 0,97366 para as estimativas dos parâmetros da função, conforme segue:

$$a = \frac{(x_1 \cdot x_2 - x_2^2)}{x_1 + x_n - 2x_2}$$

$$b = x_{0,63} - a$$

$$c = \frac{\ln \left[ \frac{\ln(1-p_k)}{\ln(1-p_i)} \right]}{\ln \left[ \frac{x_{p_k-a}}{x_{p_i-a}} \right]}$$

em que:

$x_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) = é o  $i$ -ésimo DAP em ordem crescente

$x_1$  = menor DAP

$x_2$  = segundo menor DAP

$x_n$  = maior DAP

$x_{0,63}$  = DAP da posição 0,63 quando a distribuição de diâmetros é colocada em ordem crescente (63%)

$p_k$  = 0,97366

$p_i$  = 0,16731

$x_{p_k}$  = DAP da posição 0,97366 da distribuição quando os diâmetros estão classificados em ordem crescente (97%).

$x_{p_i}$  = DAP da posição 0,16731 da distribuição quando os diâmetros estão classificados em ordem crescente (16%).

Para calcular a posição percentil da lista de diâmetros classificada em ordem crescente se utilizou a equação:

$$pL = np + (1 - p)$$

em que:

$n$  = número de árvores

$p$  = percentil desejado

## b) Método da Máxima Verossimilhança

A função Weibull 3P foi ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança. A estimativa do parâmetro  $a$  foi independente do sistema e neste trabalho foi empregado como o valor do diâmetro mínimo da distribuição diamétrica. Assim, para cada valor de  $a$  haverá um valor correspondente de  $b$  e  $c$ . O estimador do parâmetro  $b$  é:

$$b = \left( \frac{\sum_{i=1}^n xi^c}{n} \right)^{\frac{1}{c}}$$

O estimador do parâmetro  $c$  é:

$$c = \frac{n}{\left[ \frac{1}{b^c} \cdot \sum_{i=1}^n xi^c \cdot \ln(xi) - \sum_{i=1}^n \ln(xi) \right]}$$

O valor do parâmetro  $c$  é obtido por procedimento iterativo.

### 4.2.2 Programação Não-Linear (PNL) para ajustes de funções

A programação não-linear (PNL) é uma ferramenta da Pesquisa Operacional pertencente à Programação Matemática. Foi utilizada a PNL nas funções e procedimentos de ajuste de melhor desempenho, conforme sugere metodologia proposta por Barra et al. (2004) para a função Weibull 3P.

Estes autores recomendaram a utilização da programação não-linear como ferramenta para minimizar a maior diferença ( $d_n$ ) entre a frequência observada acumulada e a frequência estimada acumulada, positiva ( $d_n^+$ ) ou negativa ( $d_n^-$ ) utilizada no teste Kolgomorov – Smirnov. Deste modo, a função objetivo apresenta a seguinte forma:

$$\text{Min } d_n = \text{Max } \{d_n^+; d_n^-\}$$

As restrições para a função Weibull 3P empregadas no trabalho foram:

$$a \geq 0$$

$$a < DAP_{\min}$$

$$b > 0$$

$$c > 0$$

Para o ajuste foi utilizado o software SOLVER, que utiliza o algoritmo linear Gradiente Reduzido Generalizado (GRG2) para otimizar problemas não-lineares.

Neste trabalho foi utilizada também a programação não-linear para a função Beta. Neste caso as restrições utilizadas foram que  $\alpha \geq 0$  e  $\beta \geq 0$ .

#### **4.2.3 Ajustes para todas as espécies considerando toda a área de estudo (25 ha)**

Com a finalidade de avaliar o efeito dos métodos de ajuste das funções densidade de probabilidade para descrever a distribuição diamétrica da floresta, os diâmetros de todas as árvores da área amostrada, independentemente da espécie, foram empregadas para o ajuste das funções densidade de probabilidade, listadas anteriormente.

Inicialmente foram feitos ajustes com os dados do último levantamento realizado (2008). As funções que apresentaram as melhores estimativas foram testadas nas outras duas ocasiões em que os dados foram levantados (2002 e 2005).

Os diâmetros foram agrupados em classes com amplitude diamétrica de 10 cm, gerando-se, então, as estimativas em cada classe de diâmetro para cada método de ajuste das funções densidade de probabilidade testadas. Essas estimativas foram comparadas aos dados observados, aplicando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, além das estatísticas listadas no item 4.2.4.

#### **4.2.4 Estatísticas utilizadas para avaliar o desempenho das funções densidade de probabilidade**

A performance dos ajustes realizados pelo método da regressão (Meyer tipo I e II) foi feita por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa (EPE %), análise de resíduos e teste Kolmogorov – Smirnov (K-S). Para os demais métodos de ajuste, a



análise foi feita a partir dos testes de aderência Kolmogorov – Smirnov (K-S) e Hollander-Proschan, análise dos resíduos, EPE (%), e o índice de erro proposto por Reynolds et al. (1988).

### Coefficiente de Determinação ( $R^2$ )

$$R^2 = \frac{SQ_{reg}}{SQ_{tot}}$$

### Erro Padrão de Estimativa (EPE)

O Erro Padrão de Estimativa (EPE) foi calculado pela fórmula normalmente aplicada para avaliar a regressão em modelos matemáticos, sendo:

$$EPE \% = \frac{EPE}{\bar{Y}} \cdot 100$$

A média ( $\bar{Y}$ ) foi calculada pela fórmula para dados agrupados em classes.

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - p}}$$

em que :

EPE = Erro Padrão de Estimativa

N = número total de árvores por hectare

$Y_i$  = n° de árvores por hectare observado na classe  $i$

$\hat{Y}_i$  = n° de árvores por hectare estimado na classe  $i$

P = número de parâmetros da função

### Índice de Reynolds

Neste trabalho não foi possível utilizar a ponderação sugerida por Torres Rojo et al. (2000), pois em algumas classes diamétricas não havia árvores e assim ocorreram erros no cálculo do índice para estas classes, uma vez que o elemento ponderador se encontra no denominador da fórmula. Assim, o índice de Reynolds sem ponderação conforme trabalhos de Siipilehto (2008), Cao (2004) e Qin et al. (2007) é expresso por:

$$IR = \sum_{i=1}^k |N_i - \hat{N}_i|$$

em que:

IR = Índice de Reynolds;

$N_i$  = número de árvores por hectare observado na classe  $i$ .

$\hat{N}_i$  = número de árvores por hectare estimado na classe  $i$ .

Segundo Qin et al. (2007), um baixo valor de  $IR$  indica pequena diferença entre número de árvores observado e estimado nas classes de diâmetro.

### Teste Kolmogorov-Smirnov

$$D = \sup |F_o(x) - F_e(x)|$$

em que:

$F_o(x)$ : proporção dos valores de frequência observada acumulada

$F_e(x)$ : proporção dos valores de frequência esperada acumulada

$D_{obs}$ : módulo do desvio máximo observado

O nível de probabilidade usado para  $N$  indivíduos foi  $\alpha = 0,01$ .

### Teste Hollander-Proschan (H-P)

Segundo Dodson (2006), o teste compara a função de sobrevivência teórica ajustada  $S_0(t)$  com a estimativa de Kaplan-Meier  $\hat{S}(t)$  para a função de sobrevivência subjacente  $S(t)$ , com hipótese nula dada por:

$$H_0: S(t) = S_0(t).$$

A função de sobrevivência teórica é obtida como:

$$S_0(t) = 1 - F(t)$$

onde  $F(t)$  é a função de distribuição de probabilidade ajustada aos dados dada por:

$$F(t) = \int_{t_0}^t f(x)dx$$

A estimativa de Kaplan-Meier para a função de sobrevivência para dados não censurados é definida como:

$$\hat{S}(t) = \begin{cases} \prod_{j=1}^{k-1} \left( \frac{n-j}{n-j+1} \right), & t_{k-1} < t \leq t_k, k = 1, \dots, n \\ 0, & t > t_n \end{cases}$$

A estatística para o teste de Hollander e Proschan para a hipótese nula de que os dados são provenientes da distribuição com função de sobrevivência  $S_0(x)$  é dada por:

$$C = \sum_{i=1}^n S_0(t_i) \hat{f}(t_i)$$

Onde  $\hat{f}(t_i)$  é o salto entre observações consecutivas das estimativas de Kaplan-Meier para a função de sobrevivência:

$$\hat{f}(t_i) = \frac{1}{n} \prod_{j=1}^{i-1} \left( \frac{n-j+1}{n-j} \right)^{1-\delta_j}$$

Onde  $\delta_j = 0$  para dados censurados e  $\delta_j = 1$  para não censurados.

Dessa forma, para dados não censurados, o valor do somatório para  $C$  pode ser calculado com agrupamento das observações distintas considerando:

$$C = \sum_{i=1}^n S_0(t_i) \hat{f}(t_i) f_i, \text{ onde } f_i = \text{frequência de } t_i.$$

Sob a hipótese nula, a estatística

$$C^* = \frac{\sqrt{n}(C - 0,5)}{\hat{\sigma}}$$

segue aproximadamente a distribuição normal padronizada, onde  $\hat{\sigma}$  é uma estimativa do desvio padrão de C:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^n \frac{n}{n-i+1} (S_0^2(t_{i-1}) - S_0^2(t_i))$$

Os valores de  $S_0(t)$  para observações repetidas se mantêm constantes, o que permite o cálculo de  $\hat{\sigma}^2$  a partir das observações distintas, sem considerar as frequências.

Rejeita-se  $H_0: S(t) = S_0(t)$  se  $|C^*| > Z_{\alpha/2}$ , ao nível  $\alpha$  de significância. Neste trabalho o nível de significância foi de 5%. Assim o Z tabelado foi de 1,96. Portanto se  $-1,96 < C^* < 1,96$ , existe aderência da função com a distribuição analisada.

### Análise de Resíduos

A análise gráfica dos resíduos também foi utilizada como critério para análise do ajuste das funções conforme trabalhos de Westphal et al. (2006) e Zhang et al. (2001) que utilizaram a diferença absoluta entre número de árvores observado ( $N_i$ ) e estimado ( $\hat{N}_i$ ) em cada classe (i).

$$R_i = N_i - \hat{N}_i$$

### **4.3 Procedimentos de abordagem dos dados em um inventário florestal para avaliar a distribuição diamétrica**

Nos inventários florestais, a estrutura diamétrica pode ser tratada de várias maneiras, ou seja, fazendo-se os ajustes por parcelas ou agrupando-se todos os dados das parcelas e fazendo-se um único ajuste. Nesta pesquisa foram feitos alguns testes com o objetivo de verificar se diferentes procedimentos no tratamento dos dados poderiam influenciar as estimativas de uma determinada função para expressar a distribuição diamétrica. A fdp selecionada para avaliação foi a Weibull 3P ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança para 100 parcelas com 50 m x 50 m, contemplando toda a área de estudo (25 ha).

Foram feitas as seguintes comparações quanto à abordagem dos dados:

- Utilizando-se dos coeficientes de um único ajuste da função ao considerar a floresta como um todo (25 ha);
- Média dos coeficientes  $a$ ,  $b$  e  $c$  obtida a partir do ajuste de cada uma das 100 parcelas de 50 m x 50 m de dimensões;
- Ajuste para cada uma das 100 parcelas (50 m x 50 m), utilizando-se a frequência média obtida a partir das estimativas por parcela em cada classe de DAP.

O melhor método de abordagem foi utilizado para os ajustes da distribuição diamétrica da floresta e das espécies propostas.

#### 4.4 Avaliação dos efeitos da intensidade amostral em diferentes tamanhos de unidade de amostra

Os dados de diâmetro de toda a área de estudo (25 ha) foram agrupados em parcelas com diferentes tamanhos. Os tamanhos das parcelas testados neste trabalho, bem como o número total (potencial) de parcelas para cada tamanho considerado foram:

- ✓ 20 m x 50 m = 1000 m<sup>2</sup> → 250 parcelas
- ✓ 20 m x 100 m = 2000 m<sup>2</sup> → 125 parcelas
- ✓ 50 m x 50 m = 2500 m<sup>2</sup> → 100 parcelas
- ✓ 50 m x 100 m = 5000 m<sup>2</sup> → 50 parcelas

Foram considerados os percentuais 6%, 10% e 16% para o cálculo no número de parcelas em cada tamanho testado neste trabalho e, portanto, o número de parcelas avaliadas para os percentuais mencionados está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Número de parcelas avaliadas para cada intensidade amostral (IA) nos tamanhos propostos.

IA	20 x 50			20 x 100			50 x 50			50 x 100		
	6%	10%	16%	6%	10%	16%	6%	10%	16%	6%	10%	16%
Nº de parcelas	15	25	40	8*	13**	20	6	10	16	3	5	8

\*6,4% ; 10,4%\*\* - percentuais utilizados.

Com o objetivo de estabelecer a mesma área amostral para os percentuais 6%, 10% e 16% dos tamanhos de parcelas propostos, houve a necessidade de se utilizar os percentuais 6,4% e 10,4% para o tamanho de 20 m x 50 m.

Utilizou-se o processo de amostragem sistemático. A primeira parcela foi estabelecida aleatoriamente, por sorteio, e as demais foram distribuídas em intervalos regulares com o intuito de recobrir toda a área amostrada. Para o cálculo do intervalo entre parcelas, dividiu-se o número potencial ( $N$ ) de parcelas pelo número de parcelas instaladas ( $n$ ) conforme sugerido por Péllico Netto e Brena (1997).

A função e método de ajuste com o melhor desempenho no último levantamento realizado (2008), bem como melhor método de abordagem dos dados (item 4.3) foi utilizada na avaliação da intensidade amostral para os tamanhos das parcelas propostos.

A avaliação dos ajustes foi realizada com o índice de Reynolds,  $D_{\text{calc}}$  e Erro Padrão de Estimativa (%).

#### 4.5 Ajustes por espécie

Foram utilizadas as funções Beta e Weibull 3P ajustadas pelo método da Máxima Verossimilhança com e sem Programação Não-Linear para representar a distribuição diamétrica por espécie. Neste caso, foram selecionadas as 20 espécies que apresentaram o maior valor de IVI (Índice de Valor de Importância), excluindo-se a palmeira, no último levantamento realizado (2008), segundo trabalho de Sawczuk (2009).

As espécies selecionadas foram: *Araucaria angustifolia* (araucária); *Ilex paraguariensis* (erva-mate); *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás); *Nectandra grandiflora* (canela-amarela); *Ocotea porosa* (imbuia); *Casearia decandra* (guaçatunga-branca); *Cedrela fissilis* (cedro); *Ocotea puberula* (canela-guaicá); *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado); *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia); *Coussarea contracta* (cinzeiro-preto); *Myrsine umbellata* (capororocão); *Capsicodendron dinisii* (pimenteira); *Ocotea diospyrifolia* (canela-pimenta); *Casearia sylvestris* (guaçatunga-preta); *Prunus brasiliensis* (pessegueiro bravo); *Ilex theezans* (caúna); *Myrcia hebeptala* (caingá); *Dalbergia brasiliensis* (jacarandá); *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba).

#### **4.6 Evolução da distribuição diamétrica para floresta e para as 20 espécies com maiores IVI**

Com o objetivo de avaliar o comportamento da distribuição diamétrica ao longo do período de medição, foi feita uma análise da evolução da distribuição diamétrica para todas as espécies e para as 20 espécies de maior IVI para o período de 6 anos (entre o primeiro levantamento dos dados em 2002 e o último levantamento em 2008).

A análise foi feita em valores absolutos e relativos (%) da mortalidade em cada classe e árvores que avançaram para classe superior adjacente, além do número de árvores ingressas (que atingiram o limite de inclusão (DAP = 10 cm), considerando toda a área de estudo (25 ha).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Estatísticas dos dados de diâmetro utilizados na pesquisa

A Tabela 2 apresenta as estatísticas dos dados utilizados nesta pesquisa nas três ocasiões em que foram levantados. É apresentado o número de árvores da área amostrada e por hectare, média aritmética do diâmetro, mediana, DAP mínimo, máximo, variância, desvio padrão, coeficiente de variação e erro padrão. Foram consideradas apenas as árvores com  $DAP \geq 10$  cm.

**Tabela 2.** Estatísticas dos dados de DAP nas três ocasiões em que os dados foram levantados.

<b>ESTATÍSTICAS</b>	<b>2002</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>
Nº de árvores (ha)	580,72	571,76	567,08
Nº de árvores (25 ha)	14518	14294	14177
Média (cm)	21,75	22,34	22,46
Mediana (cm)	17,67	18,24	18,27
DAP mínimo (cm)	10,027	10,027	10,027
DAP máximo (cm)	151,83	155,97	155,97
Variância (cm <sup>2</sup> )	155,83	166,27	172,55
Desvio Padrão (cm)	12,483	12,894	13,136
Coeficiente de Variação (%)	57,40	57,72	58,40

Verificou-se que houve decréscimo do número de árvores por hectare (N/ha) ao longo do período de medição. O DAP médio e a mediana apresentaram valores crescentes.

### 5.2 Avaliação do Melhor Método de Abordagem dos dados para Estimativa dos Parâmetros

A Tabela 3 apresenta os coeficientes e estatísticas dos diferentes métodos de abordagem dos dados para estimativas dos parâmetros.



**Tabela 3.** Coeficientes e estatísticas dos diferentes métodos de abordagem na floresta utilizando-se da função Weibull 3P - Máxima Verossimilhança

Método de Abordagem	COEFICIENTES	D <sub>calc</sub>	IR	EPE (%)
(1)	-	0,02832	27,33	2,41
(2)	a= 10,16227 b= 12,37668 c=0,96841	0,01753	27,16	2,65
(3)	a=10,02 b=12,26309 c=0,969026	0,01013 <sup>1</sup>	20,9	1,89

(1) Ajuste para cada uma das 100 parcelas (50 m x 50 m), utilizando-se a frequência média obtida a partir das estimativas por parcela em cada classe de DAP; (2) Média dos coeficientes *a*, *b* e *c* obtida a partir do ajuste de cada uma das 100 parcelas de 50 m x 50 m de dimensões; (3) Utilizando-se dos coeficientes de um único ajuste da função ao considerar a floresta como um todo (25 ha);

<sup>1</sup> Houve aderência ao nível de 0,01 de probabilidade para o teste K-S.

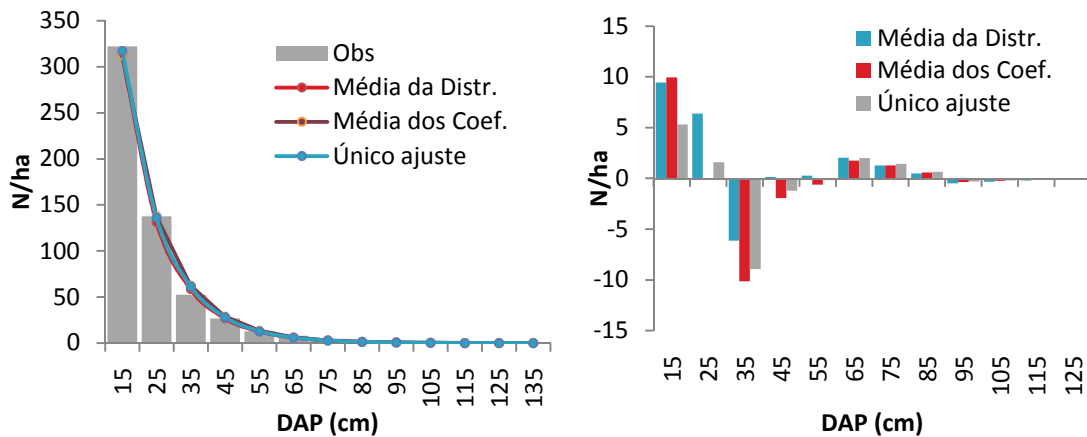
Com os coeficientes apresentados na Tabela 3, foram geradas as estimativas do número de árvores por hectare (N/ha) para cada método de abordagem proposto (Tabela 4).

**Tabela 4.** Número de árvores observado e estimado por diferentes métodos de abordagem na floresta.

Classes de DAP (cm)	Obs/ha	(1)	(2)	(3)
15	322,3	312,9	312,4	317,0
25	137,6	131,2	137,7	136,1
35	52,4	58,5	62,5	61,3
45	26,9	26,8	28,9	28,1
55	12,8	12,6	13,5	13,0
65	8,1	6,1	6,3	6,1
75	4,3	3,0	3,0	2,8
85	2,0	1,5	1,4	1,3
95	0,3	0,8	0,7	0,6
105	0,1	0,4	0,3	0,3
115	0,0	0,2	0,2	0,1
125	0,1	0,1	0,1	0,1
135	0,0	0,1	0,0	0,0
145	0,0	0,0	0,0	0,0
155	0,0	0,0	0,0	0,0

(1) Ajuste para cada uma das 100 parcelas (50 m x 50 m), utilizando-se a frequência média obtida a partir das estimativas por parcela em cada classe de DAP; (2) Média dos coeficientes *a*, *b* e *c* obtida a partir do ajuste de cada uma das 100 parcelas de 50 m x 50 m de dimensões; (3) Utilizando-se dos coeficientes de um único ajuste da função ao considerar a floresta como um todo (25 ha).

Ao utilizar-se da média dos coeficientes e a média da distribuição, as estimativas são muito próximas, conforme indica a Figura 3.



**Figura 3.** Número de árvores observado e estimado por diferentes métodos de abordagem para ajustes com a função Weibull 3P pelo método da Máxima Verossimilhança.

Como demonstram a Tabela 4 e a Figura 3, o melhor método de abordagem dos dados é fazer um único ajuste englobando todos os diâmetros, em vez de se utilizar da média dos coeficientes provindos do ajustes das parcelas ou da média da distribuição dessas, conforme indicam o índice de Reynolds, EPE (%), teste Kolmogorov-Smirnov e análise de resíduos.

Constata-se a partir da análise dos resultados que a forma de abordagem dos dados advindos de um inventário florestal pode apresentar estimativas diferentes. Pelos testes realizados nesta pesquisa, a princípio, devem-se juntar todos os dados das parcelas e realizar um único ajuste. Evidentemente esta recomendação é válida apenas quando se considera um estrato com certo grau de homogeneidade.

### 5.3 Ajustes e avaliações das funções densidade de probabilidade

Os resultados aqui apresentados provêm dos ajustes realizados nas três ocasiões em que os dados foram levantados (2002, 2005 e 2008) e consideram a floresta como um todo. Foi feito um único ajuste para os dados de diâmetro, visto que esta é a melhor opção de tratamento dos dados (item 5.2.).

### 5.3.1 Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2008

As funções apresentadas na Tabela 5 estão classificadas em ordem de melhor desempenho, conforme indica o índice de Reynolds. Estão apresentados os coeficientes das funções testadas, bem como o D calculado ( $D_{calc}$ ), o índice de Reynolds (IR) e o EPE (%) com e sem o uso da programação não-linear (PNL). As funções destacadas em negrito são aquelas que apresentaram as melhores estimativas considerando todas as estatísticas, com e sem o uso da PNL.

**Tabela 5.** Coeficientes e estatísticas das funções ajustadas com e sem o uso da PNL para os dados levantados em 2008.

FUNÇÕES TESTADAS	COEFICIENTES		$D_{calc} / C^*$		IR		EPE (%)	
	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL
<b>Weibull 3P- Max.Ver</b>	<b>a= 10,02 b=12,2630 c=0,96902</b>	a=9,97863 b=11,5339 c=0,90791	<b>0,01013<sup>1</sup> / 0,93<sup>2</sup></b>	0,01704 / -8,69	<b>20,9</b>	30,0	<b>1,89</b>	2,85
Weibull 3P- Percentis	a=10,0267 b=11,8093 c=0,97499	a=9,91086 b=13,3041 c=1,10862	0,01148 <sup>1</sup> / -2,94	0,02435 / 13,07	23,3	25,8	2,0	1,78
Beta Max. Ver.	$\alpha = 0,88705$ $\beta = 9,29088$	$\alpha = 0,75477$ $\beta = 8,53777$	0,02103 / 6,16	0,01244 <sup>1</sup> / -9,37	34,4	33,8	4,42	2,85
Beta Momentos	$\alpha = 0,81123$ $\beta = 8,79256$	$\alpha = 0,75963$ $\beta = 8,60115$	0,03096 / -1,56 <sup>2</sup>	0,01159 <sup>1</sup> / -9,17	46,7	34,4	2,83	1,97
Meyer I	$b_0 = 6,22207$ $b_1 = -0,0623$	-	0,27566	-	171,6	-	23,46	
Weibull 2P- Percentis	b =10,39806 c = 0,767426	-	0,43127	-	273,8	-	35,88	
Weibull 2P- Max.Ver	b= 12,1171 c = 0,94430	-	0,51931	-	294,8	-	35,55	
Meyer II	$b_0 = 4,58264$ $b_1 = -0,0004$	-	0,52823	-	332,5	-	44,42	

<sup>1</sup> Houve aderência ao nível de 0,01 de probabilidade para o teste K-S; <sup>2</sup> Houve aderência ao nível de 0,05 de probabilidade para o teste H-P; PNL – programação não-linear.

O teste Kolmogorov-Smirnov indica que houve aderência para a função Weibull 3P nos dois métodos de ajuste sem o uso da Programação Não-Linear. Para a função Beta houve aderência em ambos os métodos, apenas quando foi utilizada a Programação Não-Linear. Para o teste Hollander-Proschan houve aderência apenas para as funções Weibull 3P Máxima Verossimilhança sem PNL e para a Beta Momentos sem PNL.

A Programação Não-Linear melhorou o ajuste apenas para a função Beta. Nesta função, o uso dessa ferramenta estimou valores muito próximos para os coeficientes em ambos os métodos de ajuste, ocasionando estimativas muito próximas do número de árvores

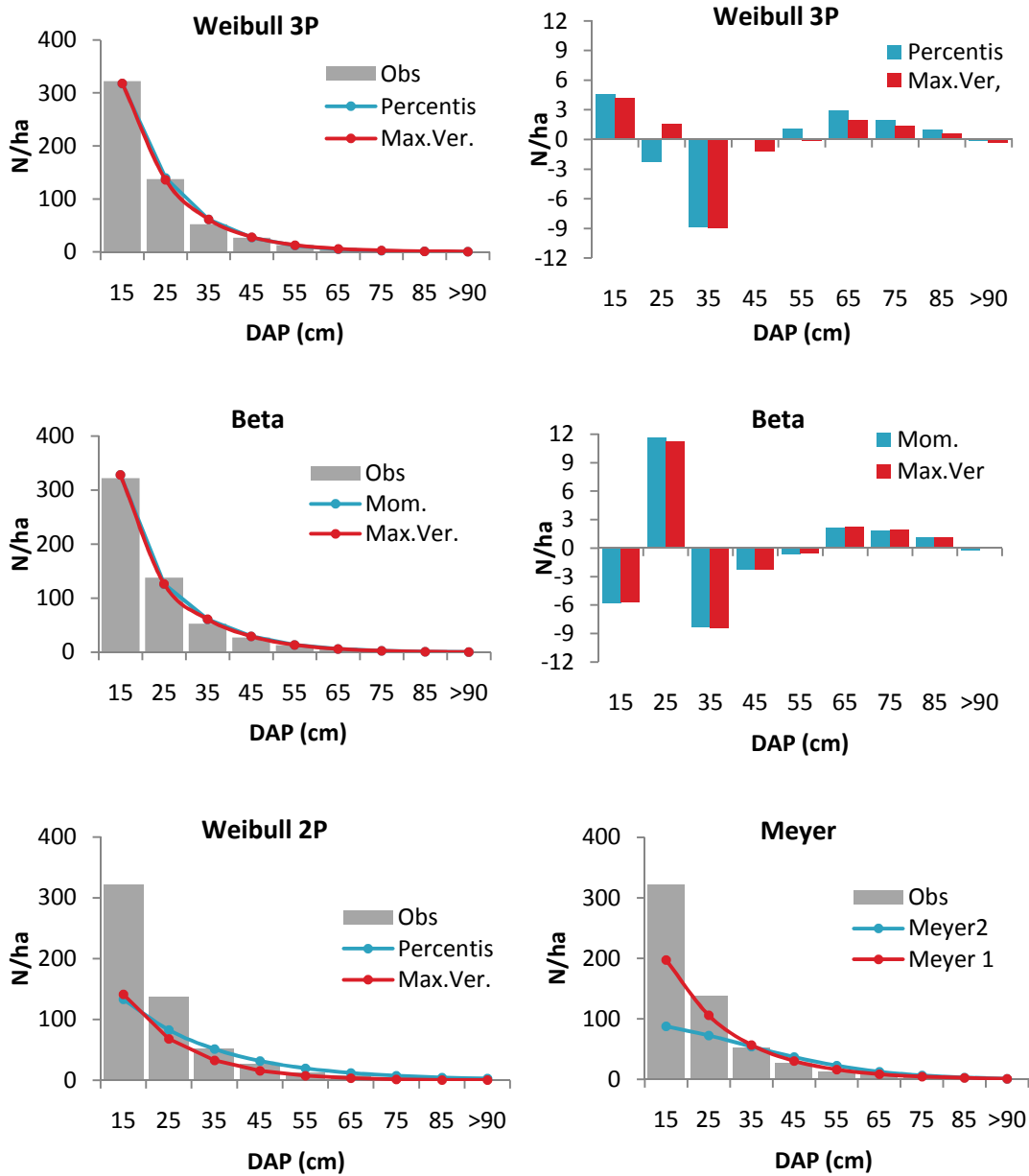
nas classes de diâmetro (Figura 4). Esta afirmação pode ser também constatada verificando-se o índice de Reynolds com e sem o uso da Programação Não-Linear. Com o uso da PNL, o valor do índice entre os métodos propostos foi de menos de 1 árvore/ha, enquanto que sem o uso da PNL, a diferença entre os índices em ambos os métodos de ajuste foi de mais de 12 árvores/ha. Diferenças maiores foram encontradas quando se avaliou o EPE (%), mas em ambos os métodos de ajuste houve redução desta estatística com o uso da PNL.

**Tabela 6.** Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2008.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>Obs/ha</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>
15	322,4	328,16	327,98	318,2	317,7	133,5	141,6	197,7	87,8
25	137,6	125,95	126,39	136,1	139,9	82,9	68,1	106,0	72,6
35	52,4	60,78	60,85	61,3	61,3	51,4	32,8	56,8	54,5
45	26,9	29,22	29,14	28,1	26,8	31,9	15,8	30,4	37,2
55	12,8	13,51	13,42	13,0	11,8	19,8	7,6	16,3	23,1
65	8,1	5,89	5,81	6,1	5,1	12,3	3,6	8,7	13,0
75	4,3	2,36	2,32	2,8	2,3	7,6	1,8	4,7	6,7
85	2,0	0,85	0,83	1,3	1,0	4,7	0,8	2,5	3,1
95	0,3	0,27	0,26	0,6	0,4	2,9	0,4	1,3	1,3
105	0,08	0,07	0,07	0,3	0,2	1,8	0,2	0,7	0,5
115	0,04	0,01	0,01	0,1	0,1	1,1	0,1	0,4	0,2
125	0,08	0,00	0,00	0,1	0,0	0,7	0,0	0,2	0,1
135	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0
145	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0
155	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
<b>SOMA</b>	<b>567,1</b>	<b>567,1</b>	<b>567,1</b>	<b>566,7</b>	<b>566,6</b>	<b>351,5</b>	<b>272,8</b>	<b>426,0</b>	<b>300,3</b>

(1)Beta Momentos com PNL; (2)Beta Máxima Verossimilhança com PNL; (3)Weibull 3P Máxima Verossimilhança sem PNL; (4)Weibull 3P Percentis sem PNL; (5)Weibull 2P Percentis; (6)Weibull 2P Máxima Verossimilhança; (7) Meyer 1; (8)Meyer 2.

A Programação Não-Linear não melhorou as estimativas da função Weibull 3P para nenhum dos métodos propostos, conforme indicam o índice de Reynolds e o  $D_{calc}$ . Analisando-se o EPE (%) houve melhora com o uso da PNL apenas para a Weibull 3P ajustada pelo método dos Percentis. Foi verificado que o uso desta ferramenta apresentou o pior desempenho para o método da Máxima Verossimilhança. Para este método de ajuste, a diferença do uso com e sem a PNL foi de 9,1 árvores/ha de acordo com o índice de Reynolds e o EPE (%) aumentou em quase 1%, enquanto que para o método dos Percentis, esta diferença foi de 2,5 árvores/ha.



**Figura 4.** Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado para todas as funções propostas e Resíduos das funções com melhores desempenhos para os dados levantados em 2008.

A forte assimetria identificada na distribuição devido ao grande número de árvores na primeira classe determinou os maiores desvios nas duas classes subsequentes para a função Beta. Em ambos os métodos ajustados para esta função com o uso da Programação Não-Linear, as estimativas apresentaram a mesma tendenciosidade em todas as classes.

Nas primeiras classes foram verificadas as maiores diferenças entre as funções Weibull 3P e Beta, consideradas as de melhor desempenho (Figura 4). Enquanto a função

Weibull 3P subestimou o número de árvores na primeira classe, a função Beta superestimou. Para a função Weibull 3P também foram verificadas diferenças nas estimativas do número de árvores de acordo com o método de ajuste analisado. Enquanto o método dos Percentis superestimou o número de árvores na classe 2 o método da Máxima Verossimilhança subestimou. Nas classes 4 (40-50 cm) e 5 (50-60 cm) foi verificado subestimativas para o método dos Percentis e superestimativas no método da Máxima Verossimilhança. A função Beta subestimou substancialmente o número de árvores na segunda classe. O Gráfico de resíduos demonstra que ambas as funções superestimaram de forma relevante o número de árvores na terceira classe.

O menor EPE (1,78%) foi encontrado ajustando-se a função Weibull 3P pelo método dos Percentis. O segundo menor EPE. (%) foi observado para Weibull 3P pelo método da Máxima Verossimilhança.

Não houve aderência para as funções Weibull 2P e Meyer (tipo I e II). Elas apresentaram pouca flexibilidade e subestimaram consideravelmente as árvores nas duas primeiras classes e, assim, ficaram muito aquém das funções Weibull 3P e Beta, conforme indicam o teste K-S, índice de Reynolds e EPE (%). Neste caso, estas três funções consideradas de menor desempenho, não foram mais avaliadas para o ajuste de funções dos levantamentos realizados em 2000/2001 e 2004/2005 e para as espécies propostas.

O  $R^2_{aj}$  e o EPE (%) para os modelos de Meyer foram 0,8647 e 23,46% para Meyer tipo I e 0,6806 e 44,42% para Meyer tipo II.

O  $q$  de Liocourt estimado a partir do modelo de Meyer tipo I foi de 1,87.

Souza e Souza (2005) estudaram diferentes opções de manejo em uma floresta de propriedade particular localizada na região Amazônica no estado do Pará. A floresta foi estratificada em áreas homogêneas de acordo com o estoque volumétrico. Os valores de  $q$  de Liocourt encontrados para as classes volumétricas foram 2,2; 2,3 e 2,4 para as classes de menor ao maior estoque volumétrico respectivamente.

Alves Júnior et al. (2009) ajustaram o modelo de Meyer para um fragmento de Floresta Atlântica inserido em uma matriz de cana-de-açúcar. Encontraram valor de 1,26 para o quociente  $q$  de Liocourt.

Gama et al. (2005) definiram opções de manejo com base no  $q$  de Liocourt e área basal desejável remanescente para florestas de várzea na Amazônia. O valor de  $q$  de Liocourt encontrado pelos autores foi de 1,74.

Silva (1984), em estudos sobre distribuição diamétrica em florestas heterogêneas do Rio Grande do Sul, encontrou valores de  $q$  de Liocourt variando entre 1,25 e 1,39 para 7 fragmentos florestais, incluindo a Floresta Subtropical com araucária e Floresta Pluvial Atlântica.

Scolforo (1993) em estudos para viabilizar diferentes opções de intervenção no cerrado, encontrou diferentes valores do quociente  $q$  de Liocourt de acordo com o método de ajuste para o modelo de Meyer. Para o ajuste não-linear o autor encontrou valor de 3,7 e quando o modelo foi linearizado, o quociente encontrado foi de 2,5.

### 5.3.2 Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2005

Considerando os resultados dos ajustes realizados em 2008, a função Weibull 2P e os modelos de Meyer tipo I e II não foram ajustados em 2005 e 2002. Desta forma, a Tabela 7 mostra os coeficientes e as estatísticas dos modelos testados.

**Tabela 7.** Coeficientes e estatísticas das funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL ajustadas para os dados levantados em 2005.

FUNÇÕES TESTADAS	COEFICIENTES		$D_{calc} / C^*$		IR		EPE (%)	
	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL
Weibull 3P- Max.Ver.	a=10,02 b=12,28501 c=0,99362	<b>a=10,00012</b> <b>b=11,70972</b> <b>c=0,998491</b>	0,01757 / 1,94 <sup>2</sup>	<b>0,00828<sup>1</sup></b> / <b>-3,75</b>	25,7	<b>16,6</b>	2,51	<b>1,37</b>
Weibull 3P- Percentis	a=10,02675 b=11,71381 c=0,983043	a=10,02324 b=11,70893 c=0,981254	0,00699 <sup>1</sup> / -3,70	0,00739 <sup>1</sup> / -3,87	19,5	19,8	1,80	1,87
Beta Max.Ver.	$\alpha = 0,92691$ $\beta = 9,79466$	$\alpha = 0,78269$ $\beta = 9,04287$	0,035618 / -7,22	0,01060 <sup>1</sup> / - 10,15	52,9	31,1	4,90	2,59
Beta Momentos	$\alpha = 0,82807$ $\beta = 8,78977$	$\alpha = 0,76788$ $\beta = 8,78977$	0,020229 / 1,49 <sup>2</sup>	0,00946 <sup>1</sup> -10,06	33,6	32,2	2,78	2,71

<sup>1</sup> Houve aderência ao nível de 0,01 de probabilidade para o teste K-S; <sup>2</sup> Houve aderência ao nível de 0,05 de probabilidade para o teste H-P; PNL – programação não-linear.

Com o uso da Programação Não-Linear, verificou-se que as estimativas melhoraram para a função Beta em ambos os métodos de ajustes (Momentos e Máxima Verossimilhança), e assim como nos ajustes realizados com os dados levantados em 2008, os coeficientes estimados entre os dois métodos de ajuste para a função considerada apresentaram valores

muito próximos e, conseqüentemente, estimativas similares do número de árvores nas classes diamétricas (diferença de 1,1 árvore/ha para o índice de Reynolds).

Quando não foi utilizada a programação não-linear, os métodos de ajuste propostos para a função Beta apresentaram grande disparidade nos resultados. O índice de Reynolds encontrado para o ajuste pelo método dos Momentos apresentou valor de 33,6 árvores/ha e para o método da Máxima Verossimilhança 52,9 árvores/ha (diferença de 19,3 árvores/ha) e assim nenhum dos métodos apresentou aderência para o teste K-S.

**Tabela 8.** Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2005.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>N/ha obs.</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>
15	326,64	332,05	332,70	325,7	322,8
25	138,72	128,03	129,24	138,5	139,5
35	53,16	60,99	60,83	59,0	60,3
45	26,52	28,83	28,28	25,2	26,0
55	12,52	13,07	12,57	10,7	11,2
65	7,88	5,56	5,22	4,6	4,9
75	4,04	2,17	1,99	2,0	2,1
85	1,72	0,76	0,67	0,8	0,9
95	0,28	0,23	0,20	0,4	0,4
105	0,12	0,06	0,05	0,2	0,2
115	0,04	0,01	0,01	0,1	0,1
125	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0
135	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0
145	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
155	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0
<b>SOMA</b>	<b>571,76</b>	<b>571,76</b>	<b>571,76</b>	<b>567,08</b>	<b>568,35</b>

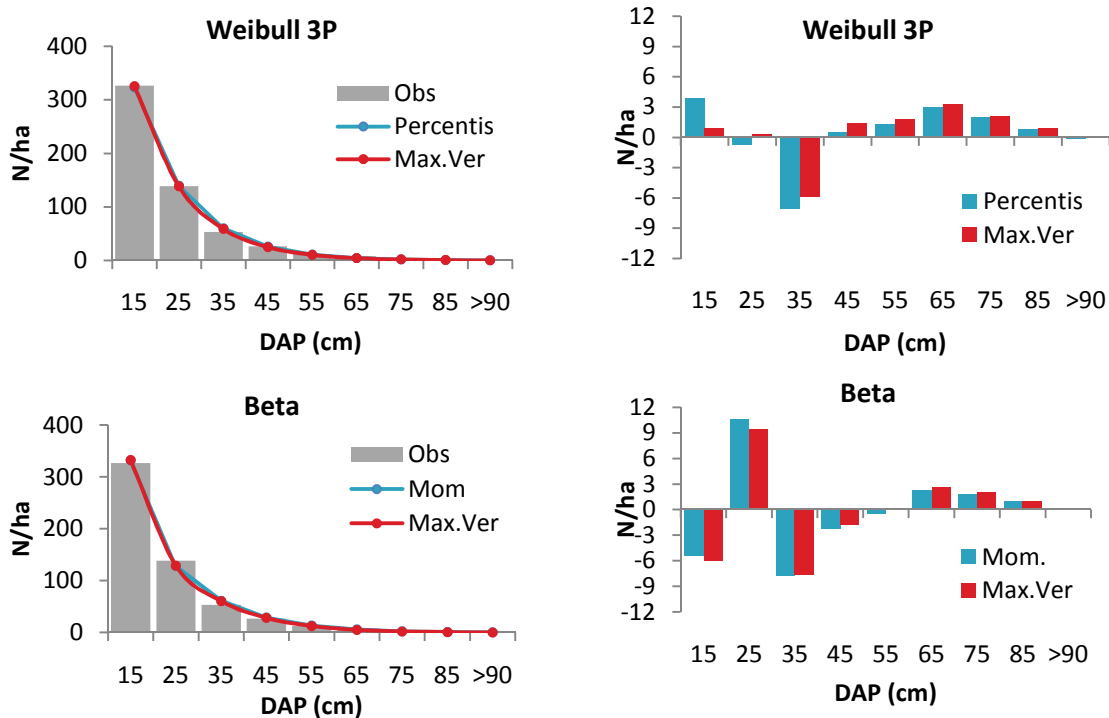
(1)Beta Momentos com PNL; (2)Beta Máxima Verossimilhança com PNL; (3)Weibull 3P Máxima Verossimilhança com PNL; (4)Weibull 3P Percentis sem PNL

A função que melhor representou os dados considerando o índice de Reynolds e EPE (%) foi a Weibull 3P ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança com o uso da Programação Não-Linear, apresentando IR de 16,6 árvores/ha e erro de 1,37%. Verificou-se que o uso da Programação Não-Linear para este método de ajuste melhorou substancialmente as estimativas; ao contrário o ajuste realizado pelo método dos Percentis, a PNL piorou as estimativas, conforme indicam o índice de Reynolds,  $D_{calc}$  e EPE (%).

Foi identificada a aderência para a função Weibull 3P em todas as situações de ajustes para o teste K-S, exceto quando foi ajustada para o método da Máxima



Verossimilhança sem o uso da PNL. Houve aderência para a função Beta em ambos os métodos de ajuste apenas quando foi utilizada a PNL. Como visto para os ajustes realizados em 2008, para o teste Hollander- Proschan, houve aderência apenas para as funções Weibull 3P ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança e Beta-Momentos, ambas sem a utilização da PNL.



**Figura 5.** Número de árvores por hectare (N/ha) observados e estimados e Resíduos das funções com melhores desempenhos para os dados levantados em 2005.

A função Beta apresentou a mesma tendência para as estimativas do número de árvores e desvios muito próximos aos encontradas nos ajustes realizados para os dados de 2007/08 com superestimativas na 1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> classes e subestimativas na 2<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> classes.

A função Weibull 3P apresentou estimativas mais próximas aos diâmetros observados em relação à Beta conforme indica a Figura 5, principalmente nas duas menores classes diamétricas, onde a frequência de árvores é maior.

A função Weibull 3P apresentou estimativas mais próximas dos valores observados nas primeiras classes diamétricas quando comparada ao ajuste realizado em 2007/08, porém nas classes intermediárias as estimativas ficaram um pouco mais afastadas, conforme visto na

análise dos resíduos. O índice de Reynolds encontrado pelo método da Máxima Verossimilhança para a função Weibull 3P com o uso da PNL corresponde a pouco mais da metade do índice encontrado pelo mesmo método de ajuste para a função Beta, considerado o método de ajuste de melhor desempenho para a referida função.

O menor EPE (%) observado foi para a Weibull 3P ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança com o uso da PNL. O segundo menor EPE (%) e segundo menor índice de Reynolds foi encontrado para a Weibull 3P ajustada pelo método dos Percentis sem o uso da PNL. Os maiores valores do EPE (%) foram verificados para a função Beta em ambos os métodos de ajuste sem o uso da PNL.

### 5.3.3 Resultados dos ajustes das funções no levantamento realizado em 2002

Estão apresentados na Tabela 9 os coeficientes e estatísticas das funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL para os dados levantados em 2002.

**Tabela 9.** Coeficientes e estatísticas das funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL ajustadas para os dados levantados em 2002.

FUNÇÕES TESTADAS	COEFICIENTES		$D_{calc} / C^*$		IR		EPE (%)	
	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL
Weibull 3P-Percentis	a=10,02665 b=11,14096 c=0,957612	<b>a=9,749868</b> <b>b=11,15014</b> <b>c=0,982653</b>	0,026165 /-2,52	<b>0,02435</b> /-7,38	30,3	<b>22,6</b>	3,17	<b>1,58</b>
Weibull 3P-Max. Ver.	a=10,02 b=11,37461 c=0,934854	a=10,02 b=10,36658 c=0,89304	0,02566 /-1,11 <sup>2</sup>	0,02112 /-12,75	23,6	27,2	2,19	3,84
Beta Max.Ver.	$\alpha = 0,84575$ $\beta = 9,19912$	$\alpha = 0,755371$ $\beta = 8,769905$	0,023074 /4,33	0,00842 <sup>1</sup> /-7,91	36,3	29,3	3,59	2,57
Beta Momentos	$\alpha = 0,80150$ $\beta = 8,96783$	$\alpha = 0,754701$ $\beta = 8,762098$	0,016718 /-1,21 <sup>2</sup>	0,00847 <sup>1</sup> /-7,96	28,9	29,4	2,49	2,58

<sup>1</sup> Houve aderência ao nível de 0,01 de probabilidade para o teste K-S; <sup>2</sup> Houve aderência ao nível de 0,05 de probabilidade para o teste H-P; PNL – programação não-linear

A utilização da Programação Não-Linear para a função Weibull 3P melhorou as estimativas apenas quando ajustada pelo método dos Percentis, onde foi encontrado o menor índice de Reynolds e o menor valor de  $D_{calc}$ . Para o ajuste realizado pelo método da Máxima Verossimilhança não houve melhora.

Diferentemente dos ajustes realizados para os dados levantados nos anos de 2008 e 2005, onde a Programação Não-Linear melhorou as estimativas para a função Beta em ambos os métodos de ajuste, nos ajustes realizados com os dados para 2002 esta ferramenta piorou as estimativas para o método dos Momentos, apesar desse resultado ser pouco expressivo (0,5 árvore/ha para o índice de Reynolds e 0,09% no EPE). Para o método da Máxima Verossimilhança a PNL diminuiu o EPE (%) em mais de 1% e para o índice de Reynolds diminuiu em 7 árvores/ha (de 36,3 para 29,3 árvores/ha), apesar de este índice ter apresentado um valor um pouco maior quando comparado ao ajuste pelo método dos Momentos sem o uso da PNL (28,9 árvores/ha).

**Tabela 10.** Frequências observadas e estimadas pelas funções propostas para os dados levantados em 2002.

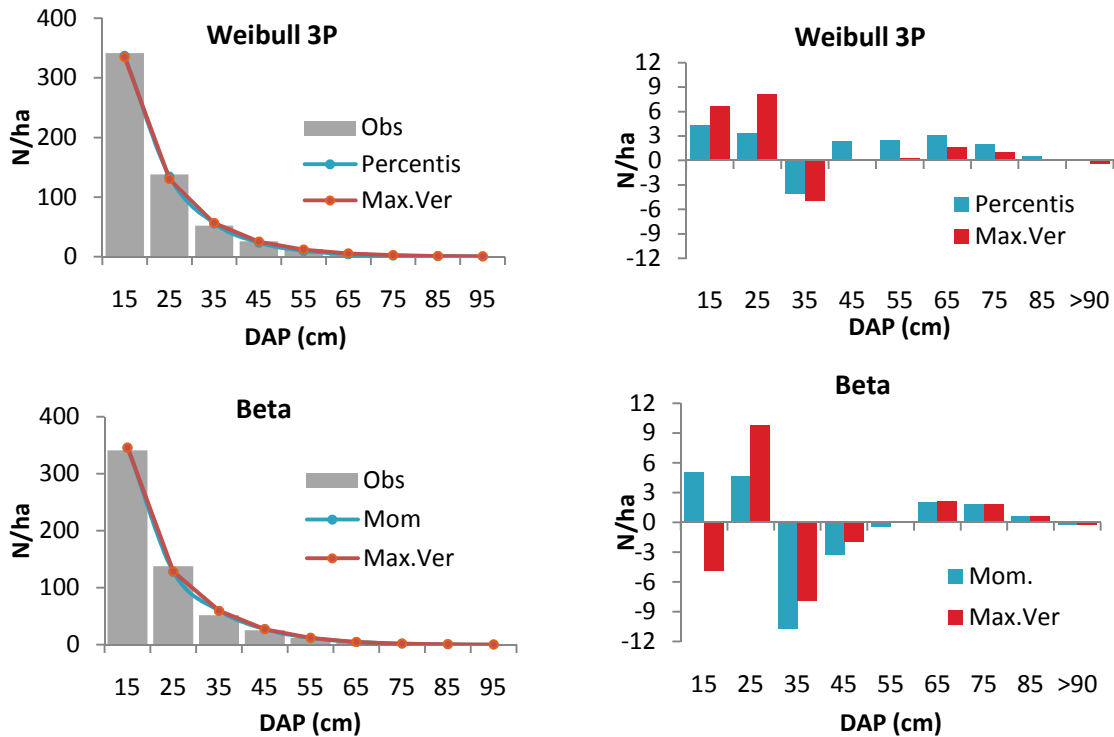
<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>N/ha obs.</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>
15	341,16	336,15	346,05	334,5	336,8
25	137,96	133,26	128,18	129,8	134,6
35	51,64	62,40	59,49	56,5	55,8
45	25,44	28,66	27,36	25,5	23,1
55	12,04	12,50	12,03	11,8	9,6
65	7,08	5,07	4,93	5,5	4,0
75	3,68	1,87	1,84	2,6	1,6
85	1,24	0,60	0,61	1,2	0,7
95	0,20	0,17	0,17	0,6	0,3
105	0,12	0,04	0,04	0,3	0,1
115	0,04	0,01	0,01	0,1	0,0
125	0,08	0,00	0,00	0,1	0,0
135	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
145	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
155	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0
<b>SOMA</b>	<b>580,72</b>	<b>580,72</b>	<b>580,72</b>	<b>568,51</b>	<b>566,58</b>

(1)Beta Momentos sem PNL;(2)Beta Máxima Verossimilhança com PNL;  
(3)Weibull 3P Máxima Verossimilhança com PNL; (4)Weibull 3P Percentis com PNL.

Ao utilizar-se a Programação Não-Linear, observou-se também, para a função Beta ajustada pelos Momentos, que o valor do  $D_{calc}$  diminuiu, porém o índice de Reynolds aumentou 0,5 árvore/ha.

Mesmo não havendo aderência da função Weibull 3P em nenhum dos métodos ajustados, esta apresentou melhor desempenho que a função Beta em ambos os métodos,

conforme indicam o índice de Reynolds e EPE (%). Assim como nos testes realizados para os levantamentos de 2008 e 2005, para o teste Hollander-Proschan houve aderência para a Weibull 3P-Máxima Verossimilhança e Beta Momentos sem a utilização da PNL.



**Figura 6.** Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado e Resíduos das funções com melhores desempenhos para os dados levantados em 2002.

Foram encontradas diferenças nas estimativas do número de árvores com e sem o uso da Programação Não-Linear para a função Beta. Verificou-se que para o método dos Momentos sem PNL, a função Beta subestimou o número de árvores (aproximadamente 5 árvores/ha) na 1ª classe, enquanto que para o ajuste realizado pelo método da Máxima Verossimilhança a função superestimou o mesmo número de árvores na referida classe. Na 2ª classe ambos os métodos de ajuste subestimaram o número de árvores, porém o método da Máxima Verossimilhança apresentou aproximadamente o dobro do desvio, quando comparado ao método dos Momentos, 9,8 e 4,7 árvores/ha, respectivamente. Nas 3ª e 4ª classes, os desvios foram pouco maiores para o método dos Momentos e para as demais classes os desvios apresentaram valores muito próximos entre ambos os métodos de ajuste.

A função Weibull 3P subestimou o número de árvores na maioria das classes e superestimou na 3ª classe, sendo esta a menos evidente nas três ocasiões em que os dados

foram levantados. O método dos Percentis apresentou melhores estimativas nas primeiras classes e piores estimativas nas classes intermediárias. O método da Máxima Verossimilhança apresentou os maiores desvios nas primeiras classes, porém estimou melhor o número de árvores nas classes intermediárias, o que é mais interessante do ponto de vista do manejo florestal.

#### **5.3.4 Considerações a respeito dos ajustes realizados para todas as funções e ocasiões em que os dados foram levantados**

Foi constatado que os maiores desvios absolutos encontram-se nas primeiras classes diamétricas, onde o número de árvores é maior. O número elevado de árvores nas duas primeiras classes ocasionou superestimativas na terceira classe em todas as funções avaliadas.

Em todas as ocasiões em que os dados foram ajustados, verificou-se que o parâmetro de forma  $c$  apresentou valores menores que 1 o que caracteriza a forma decrescente da distribuição.

Torres-Rojo et al. (2000) afirmaram que o parâmetro de escala  $b$  mostra o deslocamento da distribuição em relação ao eixo das abscissas. Segundo esses autores o parâmetro  $b$  tem uma estreita relação com a densidade relativa e a produtividade do sítio, dentre outras variáveis. Pressupondo-se que não houve variação de sítio, as afirmações de Torres-Rojo (2000) se aplicam nas três ocasiões em que os dados foram levantados, pois segundo Stepka (2008) a floresta vem aumentando gradativamente a área basal, indicando que esta ainda não chegou ao estoque completo.

Verificou-se as mesmas tendências em algumas classes diamétricas das funções Beta e Weibull 3P nas três situações em que os dados foram analisados, ocorrendo superestimativas na classe 3 e subestimativas nas classes 6,7 e 8. A função Weibull 3P subestimou, enquanto que a função Beta superestimou o número de árvores na primeira classe nos três levantamentos realizados.

O método ajustado pela Máxima Verossimilhança apresentou melhores estimativas para os levantamentos realizados em 2002 e 2008, enquanto que o método dos Percentis apresentou valores mais aproximados da distribuição real para o levantamento de 2004/05. Bailey e Dell (1973) citaram que geralmente a Máxima Verossimilhança produz as melhores estimativas. Zarnoch e Dell (1985) observaram que em geral os estimadores de máxima

verossimilhança são mais precisos que os baseados em percentis, mas quando  $c \leq 2$ , esses são iguais ou mesmo superiores aos estimadores da máxima verossimilhança (BATISTA, 1989).

As melhores estimativas para a função Beta foram verificadas no levantamento realizado em 2002 em que o índice de Reynolds apresentou valores de 29,3 e 29,4 para os métodos da Máxima Verossimilhança e Momentos, respectivamente. O menor índice de Reynolds e  $D_{calc}$  foi constatado nos ajustes realizados em 2005 com função Weibull 3P, ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança, com o valor de 16,6.

Quanto ao EPE (%) foi observado que o menor valor encontrado dentre todos os ajustes realizados para a função Beta foi no ajuste realizado em 2008 pelo método dos Momentos (1,97%). Para a função Weibull 3P o menor EPE (%) dentre todos os ajustes realizados para essa função foi de 1,37% quando foi ajustado em 2005 pelo método da Máxima Verossimilhança com o uso da PNL.

Verificou-se que a alteração em casas decimais no parâmetro de posição  $a$  da função Weibull 3P reflete em maior proporção as estimativas na primeira classe em distribuições decrescentes, onde são observadas as maiores frequências. Foram feitas duas simulações alterando-se o valor de  $a$  para diferentes valores próximos ao DAP mínimo, por meio da função Weibull 3P ajustada pelo método da Máxima Verossimilhança. Os valores para  $a$  foram 9,9 10,0 e 10,02, resultando em subestimativas de 9,0, 6,2 e 5,2 árvores/ha na primeira classe, respectivamente. Quando o parâmetro de posição foi fixado no valor 10,02, este apresentou as melhores estimativas, conforme indicou o índice de Reynolds.

A fdp que na média apresentou melhor desempenho foi a Weibull 3P. Em ambos os métodos de ajuste (Percentis e Máxima Verossimilhança), esta função apresentou as melhores estimativas, podendo-se utilizar qualquer um dos métodos propostos. Para esta função a média do índice de Reynolds incluindo os ajustes com e sem PNL dos 3 levantamentos realizados, foi de 23,77 árvores/ha e o EPE (%) de 2,23%.

A função Beta pode também ser utilizada para representar a distribuição diamétrica da floresta como um todo, visto que o IR e o EPE (%) médios para os 3 ajustes realizados apresentaram estimativas próximas às encontradas para a função Weibull 3P (35,25 árvores/ha e 3,05% respectivamente).

### 5.3.4.1 Considerações sobre a Programação Não-Linear no ajuste das funções

A presença de uma variável a mais que o algoritmo da PNL necessita estimar na função Weibull 3P (incluindo-se a restrição que o parâmetro  $a \leq DAP_{\min}$ ) pode ser a justificativa dos diferentes comportamentos na utilização da PNL para as funções Beta e Weibull 3P.

Verificou-se que o maior desvio encontrado entre a frequência acumulada estimada e observada utilizada no teste Kolmogorov-Smirnov em algumas vezes não corresponde ao somatório dos desvios absolutos encontrada pelo índice de Reynolds, ou seja, nem sempre o menor  $D_{\text{calc}}$  do teste Kolmogorov apresentou o menor valor do IR. Houve casos em que a programação não-linear diminuiu o valor de  $D_{\text{calc}}$  tornando a função aderente, porém os desvios absolutos foram maiores com a utilização desta ferramenta. Constatou-se, finalmente, que a PNL nem sempre diminuiu o  $D_{\text{calc}}$ , e conseqüentemente nem sempre melhora as estimativas da frequência.

## 5.4 Ajustes das distribuições diamétricas para espécies com maiores Índices de Valores de Importância (IVI)

As 20 espécies com maiores Índices de Valores de Importância apontadas por Sawczuk (2009) tiveram suas distribuições diamétricas ajustadas pelo método de Máxima Verossimilhança.

Foi feito um único ajuste com os dados de diâmetro das espécies consideradas, visto esta ser a melhor metodologia de abordagem da floresta, como aponta o item 5.2.

Na Tabela 11 estão as estatísticas das espécies de maior IVI. Pode-se verificar que as espécies que apresentaram o maior número de árvores em valores absolutos foram a erva-mate e a canela-sassafrás (53 árvores/ha). Apesar do grande número de árvores da canela-sassafrás, verificou-se uma grande concentração de árvores nas classes inferiores. O DAP máximo encontrado para a espécie foi de 56,34 cm sendo que 84,42% dos indivíduos apresentaram  $DAP \leq 25$  cm.

A araucária foi a espécie que apresentou a maior média do DAP entre as espécies analisadas, 43,63 cm, porém não apresentou o maior DAP da área de estudo (25 ha). Além da imbuia, foi a espécie que apresentou DAP acima de 1 m, e DAP máximo de 121,44 cm.

A imbuia é a quinta espécie na ordem de classificação de espécies com maior IVI. Apesar do pequeno número de indivíduos, quando comparada às espécies mais expressivas quanto ao IVI, a imbuia foi a espécie que apresentou os indivíduos com maiores DAP. A árvore de maior DAP encontrada na área amostrada (25 ha) foi da imbuia com 1,56 m. Das sete árvores que apresentaram DAP maior que 1m em toda a área amostrada, quatro são desta espécie com diâmetros (DAP) de 1,03m, 1,29m, 1,32m e 1,56 m. Canalez et al. (2006) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná, também constataram a presença de imbuias com mais de 1m de DAP, mas segundo eles com poucos representantes.

As canelas também apresentaram indivíduos com grandes diâmetros, característica comum destas espécies. Os maiores indivíduos para a canela-amarela, canela-pimenta, canela-imbuia e canela-guaicá foram de 65,25 cm, 69,07 cm, 73,53 cm e 86,58 cm, respectivamente. O cedro, assim como as canelas que apresentam madeira com grande valor comercial, também apresentou indivíduos de grande porte cujo DAP máximo foi de 82,6 cm.

Apesar do grande número de indivíduos da espécie cinzeiro-preto (25 árvores/ha) a maioria das árvores apresentou DAP pequeno (em média de 13,13 cm), sendo que o maior DAP encontrado para esta espécie foi de aproximadamente 30 cm. Essas características também foram similares para o caingá (11 árvores/ha) cujo DAP médio foi de 13,49 cm e o DAP máximo de 31,26 cm.

Verificou-se também que espécies da mesma família como é o caso das Lauráceas representadas neste trabalho pelas canelas, além da imbuia, apresentaram grande amplitude na frequência de árvores. Enquanto que a frequência nas primeiras classes da canela-sassafrás é de aproximadamente 15-20 árvores/ha, em outras como a canela-guaicá, a canela-pimenta e imbuia é de 1-2 árvores/ha. Frequências intermediárias foram encontradas na canela-imbuia e na canela amarela (aproximadamente de 5-6 árvores em média nas primeiras classes). Canalez et al. (2006) também encontraram grandes diferenças do número de árvores nas classes diamétricas para espécies de Lauráceas. Para a canela-amarela, os autores encontraram frequência próxima a 40 árvores/ha na primeira classe. Outras espécies como a canela-guaicá, canela-imbuia e imbuia não passaram de 5 árvores nesta classe.



**Tabela 11.** Espécies de maior IVI e principais estatísticas do diâmetro à altura do peito - DAP (cm) de cada espécie.

ESPÉCIES	Nº de árvores (25 ha)	N/ha	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Variância (cm <sup>2</sup> )	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
<i>Araucaria angustifolia</i> (araucária)	1058	42	43,63	43,29	10,0	121,	447,6	21,2	48,5
<i>Ilex paraguariensis</i> (erva-mate)	1334	53	18,20	17,19	10,0	43,7	34,2	5,8	32,1
<i>Ocotea odorifera</i> (canela-sassafrás)	1315	53	18,82	17,63	10,0	56,3	42,0	6,5	34,4
<i>Nectandra grandiflora</i> (canela-amarela)	885	35	24,12	22,60	10,0	65,2	96,0	9,8	40,6
<i>Ocotea porosa</i> (imbuia)	480	19	38,65	36,64	10,1	155,	342,0	18,5	47,8
<i>Casearia decandra</i> (guaçatunga-branca)	840	34	16,35	15,06	10,0	45,9	30,1	5,5	33,5
<i>Cedrela fissilis</i> (cedro)	378	15	32,30	31,42	10,1	82,6	186,7	13,7	42,3
<i>Ocotea puberula</i> (canela-guaicá)	329	13	34,21	31,83	10,5	86,5	237,7	15,4	45,1
<i>Matayba elaeagnoides</i> (miguel-pintado)	395	16	28,24	27,37	10,0	61,0	123,6	11,1	39,4
<i>Nectandra megapotamica</i> (canela-imbuia)	443	18	24,10	22,12	10,0	73,5	129,6	11,4	47,2
<i>Coussarea contracta</i> (cinzeiro-preto)	626	25	13,13	12,41	10,0	30,5	7,1	2,7	20,3
<i>Myrsine umbellata</i> (capororocão)	486	19	16,24	15,28	10,0	35,9	21,2	4,6	28,3
<i>Capsicodendron dinisii</i> (pimenteira)	317	13	23,41	21,87	10,0	55,7	80,8	9,0	38,4
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (canela-pimenta)	274	11	28,37	28,20	10,0	69,0	170,7	13,1	46,1
<i>Casearia sylvestris</i> (guaçatunga-preta)	356	14	16,22	15,36	10,0	34,0	22,5	4,7	29,3
<i>Prunus brasiliensis</i> (pessegueiro bravo)	273	11	17,25	15,44	10,0	43,4	41,0	6,4	37,1
<i>Ilex theezans</i> (caúna)	285	11	15,88	14,80	10,0	40,1	26,0	5,1	32,1
<i>Myrcia hebeptala</i> (caingá)	284	11	13,49	12,73	10,0	31,2	9,5	3,1	22,8
<i>Dalbergia brasiliensis</i> (jacarandá)	236	9	18,40	17,35	10,1	38,0	28,8	5,4	29,2
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (guabiroba)	162	6	23,80	20,69	10,0	49,6	121,4	11,0	46,3

Na Tabela 12 estão apresentados os coeficientes das funções Weibull 3P e Beta ajustadas pelo método da Máxima Verossimilhança com e sem o uso da Programação Não-Linear para as 20 espécies de maior IVI, bem como as estatísticas  $D_{calc}$ ,  $C^*$  do teste Hollander-Proschan, EPE (%) e IR.

Com os coeficientes apresentados na Tabela 12, foram geradas as estimativas do número de árvores em cada classe diamétrica (Tabela 13). A Figura 7 apresenta o número de árvores observado e estimado pela fdp de melhor desempenho segundo o índice de Reynolds para as 20 espécies analisadas.

A Tabela 12 indica que houve aderência das funções Weibull e Beta em ambas as situações de ajuste (com e sem PNL) para os testes Kolmogorov-Smirnov e Hollander-Proschan, na maioria dos ajustes realizados para as espécies analisadas.

Considerando o índice de Reynolds, dentre as 20 espécies analisadas, em 10 delas a função Weibull 3P foi melhor e em outras 10 a função Beta apresentou melhores estimativas. Das 20 espécies analisadas, a Weibull 3P sem PNL teve melhor desempenho em 8 vezes (40%), a Weibull 3P com PNL em 2 vezes (10%), a Beta sem PNL em 4 vezes (20%) e a Beta com PNL em 6 vezes (30%).

Considerando o EPE (%), das 20 espécies, a Weibull 3P apresentou as melhores estimativas em 11 ajustes realizados enquanto que a função Beta foi melhor em 9 deles. Dentre os 20 ajustes, a Weibull 3P sem PNL obteve melhor desempenho em 10 vezes (50%), a Weibull 3P com PNL em 1 vez (5%), a Beta sem PNL em 5 vezes (25%) e a Beta com PNL em 4 vezes (20%). Houve disparidade entre as duas estatísticas, índice de Reynolds e EPE (%) em apenas 5 casos (araucária, imbuia, cedro, pimenteira e guabiroba).

Das 20 vezes em que foi feito o ajuste para a função Weibull 3P, em apenas 4 delas houve a melhora com o uso da Programação Não-Linear, conforme indica o índice de Reynolds. Para o EPE (%) houve melhora em 5 casos. Para a função Beta, dentre os 20 ajustes realizados, a Programação Não-Linear melhorou em 10 vezes e permaneceu igual em 1 caso, segundo o índice de Reynolds. Já para o EPE (%) houve melhora em 8 casos e em 1 caso o erro permaneceu inalterado.

**Tabela 12.** Coeficientes e estatísticas das Funções Weibull 3P e Beta com e sem o uso da PNL para as 20 espécies de maior IVI.

ESPÉCIES	WEIBULL 3P								BETA							
	COEFICIENTES		D <sub>calc</sub> / C*		IR		EPE (%)		COEFICIENTES		D <sub>calc</sub> / C*		IR		EPE (%)	
	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL
Araucária	a=10,02 b=36,73 c=1,462	a=10,02 b=40,61 c=1,422	0,0908 /-2,09	0,0736 /1,89 <sup>2</sup>	13,06	12,31	1,31	1,16	$\alpha=1,217$ $\beta=2,879$	$\alpha=1,3471$ $\beta=3,0336$	0,0614 /-1,74 <sup>2</sup>	<b>0,0361<sup>1</sup></b> <b>/0,18<sup>2</sup></b>	9,94	<b>9,25</b>	0,94	<b>0,98</b>
Erva-mate	a=10,02 b=8,854 c=1,337	<b>a=10,02</b> <b>b=9,489</b> <b>c=1,352</b>	0,032 <sup>1</sup> /-1,23 <sup>2</sup>	<b>0,0251<sup>1</sup></b> <b>/1,96<sup>2</sup></b>	3,94	<b>2,52</b>	1,34	<b>0,86</b>	$\alpha=1,170$ $\beta=3,590$	$\alpha=1,1641$ $\beta=3,5902$	0,0176 <sup>1</sup> /0,17	0,0165 <sup>1</sup> /-0,06	3,73	3,88	1,33	1,39
Canela-sassafrás	a=10,02 b=9,598 c=1,365	a=10,02 b=9,946 c=1,304	0,0200 <sup>1</sup> /-0,55	0,0341 <sup>1</sup> /0,65	3,41	5,11	1,18	1,73	$\alpha=1,268$ $\beta=5,195$	<b><math>\alpha=1,4528</math></b> <b><math>\beta=6,2828</math></b>	0,0308 <sup>1</sup> /0,87	<b>0,0084<sup>1</sup></b> <b>/-0,17</b>	5,03	<b>3,12</b>	2,03	<b>1,01</b>
Canela-amarela	<b>a=10,02</b> <b>b=15,53</b> <b>c=1,450</b>	a=10,02 b=16,38 c=1,309	<b>0,0292<sup>1</sup></b> <b>/-0,20</b>	0,0437 <sup>1</sup> /1,07	<b>2,66</b>	3,77	<b>0,85</b>	1,14	$\alpha=1,286$ $\beta=3,608$	$\alpha=1,2175$ $\beta=3,5811$	0,0405 <sup>1</sup> /1,15	0,0252 <sup>1</sup> /-0,64	3,46	4,04	1,05	1,20
Imbuia	a=10,02 b=31,69 c=1,552	a=10,02 b=31,70 c=1,421	0,0909 /-0,73 <sup>2</sup>	0,0645 <sup>1</sup> /-1,12 <sup>2</sup>	4,12	4,28	0,85	0,97	$\alpha=1,362$ $\beta=5,355$	<b><math>\alpha=1,8090</math></b> <b><math>\beta=7,4220</math></b>	0,0639 <sup>1</sup> /-0,14 <sup>2</sup>	<b>0,0287<sup>1</sup></b> <b>/-0,16<sup>2</sup></b>	4,97	<b>3,88</b>	1,03	<b>0,88</b>
Guaçatunga-branca	<b>a=10,02</b> <b>b=6,695</b> <b>c=1,178</b>	a=10,02 b=6,957 c=1,072	<b>0,0288<sup>1</sup></b> <b>/-0,06<sup>2</sup></b>	0,0413 <sup>1</sup> /0,40 <sup>2</sup>	<b>2,20</b>	3,26	<b>0,97</b>	1,89	$\alpha=1,004$ $\beta=4,359$	$\alpha=0,8996$ $\beta=4,3446$	0,0556 <sup>1</sup> /1,93 <sup>2</sup>	0,0254 <sup>1</sup> /-1,91 <sup>2</sup>	4,27	3,96	2,06	2,23
Cedro	<b>a=10,02</b> <b>b=24,62</b> <b>c=1,578</b>	a=10,02 b=28,52 c=1,367	<b>0,0739<sup>1</sup></b> <b>/-0,93<sup>2</sup></b>	0,0969 /2,26	<b>2,64</b>	4,05	<b>0,95</b>	1,04	$\alpha=1,297$ $\beta=3,003$	$\alpha=1,4592$ $\beta=3,2025$	0,0597 <sup>1</sup> /-0,89 <sup>2</sup>	0,0269 <sup>1</sup> /0,45 <sup>2</sup>	2,75	2,58	0,92	0,83
Canela-guaicá	<b>a=10,02</b> <b>b=26,87</b> <b>c=1,577</b>	a=10,02 b=31,38 c=1,311	<b>0,0851<sup>1</sup></b> <b>/-0,29<sup>2</sup></b>	0,1042 /2,42	<b>2,41</b>	3,51	<b>0,63</b>	0,91	$\alpha=1,176$ $\beta=2,544$	$\alpha=1,1818$ $\beta=2,5350$	0,0468 <sup>1</sup> /0,06 <sup>2</sup>	0,0437 <sup>1</sup> /0,21 <sup>2</sup>	3,07	3,03	0,81	0,80
Miguel-pintado	a=10,02 b=20,19 c=1,599	a=10,02 b=22,33 c=1,444	0,0754 <sup>1</sup> /-0,78 <sup>2</sup>	0,0656 <sup>1</sup> /1,54 <sup>2</sup>	2,68	2,45	0,96	1,00	<b><math>\alpha=1,304</math></b> <b><math>\beta=2,351</math></b>	$\alpha=1,2782$ $\beta=2,3528$	<b>0,0364<sup>1</sup></b> <b>/-0,16<sup>2</sup></b>	0,0298 <sup>1</sup> -0,62 <sup>2</sup>	<b>2,04</b>	2,14	<b>0,85</b>	0,89

Continua...

Continuação da tabela anterior...

ESPÉCIES	WEIBULL 3P								BETA							
	COEFICIENTES		D <sub>calc</sub> / C*		IR		EPE (%)		COEFICIENTES		D <sub>calc</sub> / C*		IR		EPE (%)	
	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL	SEM PNL	COM PNL
Canela-imbuia	a=10,02 b=14,55 c=1,104	a=10,02 b=16,92 c=1,058	0,0825 /-0,98 <sup>2</sup>	0,071 <sup>1</sup> /2,02	3,07	3,30	1,29	1,17	$\alpha$ =0,843 $\beta$ =2,817	$\alpha$ = <b>0,9881</b> $\beta$ = <b>3,4635</b>	0,0381 <sup>1</sup> /0,29 <sup>2</sup>	<b>0,0163<sup>1</sup></b> <b>/0,14<sup>2</sup></b>	2,37	<b>2,28</b>	0,94	<b>0,94</b>
Cinzeiro-preto	a=10,02 b=3,251 c=1,140	a=10,02 b=3,299 c=0,879	0,0272 <sup>1</sup> /-0,38	0,0454 <sup>1</sup> /-1,61	0,71	2,21	0,14	2,03	$\alpha$ =1,036 $\beta$ =5,565	$\alpha$ = <b>0,8278</b> $\beta$ = <b>5,0627</b>	0,0291 <sup>1</sup> /1,03 <sup>2</sup>	<b>0,0016<sup>1</sup></b> <b>/1,04<sup>2</sup></b>	1,54	<b>0,13</b>	1,59	<b>0,10</b>
Capororocão	<b>a=10,02</b> <b>b=6,738</b> <b>c=1,323</b>	a=10,02 b=7,782 c=1,299	<b>0,0363<sup>1</sup></b> <b>/-0,41<sup>2</sup></b>	0,0599 <sup>1</sup> /3,21	<b>1,07</b>	2,27	<b>0,79</b>	1,60	$\alpha$ =1,128 $\beta$ =3,431	$\alpha$ =1,0624 $\beta$ =3,3842	0,0294 <sup>1</sup> /0,74 <sup>2</sup>	0,0177 <sup>1</sup> /-0,55 <sup>2</sup>	1,23	1,48	0,99	1,23
Pimenteira	a=10,02 b=14,61 c=1,417	a=10,02 b=17,19 c=1,113	0,0713 <sup>1</sup> /-0,74 <sup>2</sup>	0,1090 <sup>1</sup> /1,67 <sup>2</sup>	1,49	3,20	0,64	1,46	$\alpha$ = <b>1,127</b> $\beta$ = <b>2,615</b>	$\alpha$ =1,1180 $\beta$ =2,6191	<b>0,0254<sup>1</sup></b> <b>/0,28<sup>2</sup></b>	0,0243 <sup>1</sup> /0,09 <sup>2</sup>	<b>1,38</b>	1,42	<b>0,73</b>	0,75
Canela-pimenta	a=10,02 b=19,33 c=1,202	a=10,02 b=24,21 c=1,181	0,1513 /3,49 <sup>2</sup>	0,1045 /-1,31 <sup>2</sup>	3,11	3,32	1,65	1,53	$\alpha$ = <b>0,890</b> $\beta$ = <b>2,000</b>	$\alpha$ =1,0708 $\beta$ =2,3037	<b>0,0672<sup>1</sup></b> <b>/-0,55<sup>2</sup></b>	0,0379 <sup>1</sup> /0,45 <sup>2</sup>	<b>2,52</b>	2,79	<b>1,26</b>	1,29
Guaçatunga-preta	a=10,02 b=6,553 c=1,197	a=10,02 b=7,684 c=1,164	0,0608 <sup>1</sup> /-0,78 <sup>2</sup>	0,0574 <sup>1</sup> /2,33	1,50	1,53	1,37	1,29	$\alpha$ = <b>0,953</b> $\beta$ = <b>2,664</b>	$\alpha$ =0,9245 $\beta$ =2,6518	<b>0,0245<sup>1</sup></b> <b>/0,27<sup>2</sup></b>	0,0180 <sup>1</sup> /-0,29 <sup>2</sup>	<b>1,09</b>	1,24	<b>1,01</b>	1,16
Pessegueiro-bravo	<b>a=10,02</b> <b>b=7,503</b> <b>c=1,108</b>	a=10,02 b=8,557 c=0,879	<b>0,0808<sup>1</sup></b> <b>/-0,12<sup>2</sup></b>	0,0731 <sup>1</sup> /0,87 <sup>2</sup>	<b>1,15</b>	1,60	<b>0,75</b>	1,75	$\alpha$ =0,849 $\beta$ =2,796	$\alpha$ =0,7408 $\beta$ =2,8008	0,0687 <sup>1</sup> /1,31 <sup>2</sup>	0,0259 <sup>1</sup> /-1,29 <sup>2</sup>	1,77	1,62	1,67	1,54
Caúna	<b>a=10,02</b> <b>b=6,248</b> <b>c=1,160</b>	a=10,02 b=6,931 c=0,847	<b>0,0615<sup>1</sup></b> <b>/0,80<sup>2</sup></b>	0,0843 <sup>1</sup> /0,89 <sup>2</sup>	<b>1,02</b>	1,96	<b>0,84</b>	2,38	$\alpha$ =0,919 $\beta$ =3,596	$\alpha$ =0,8369 $\beta$ =3,5153	0,0399 <sup>1</sup> /1,51 <sup>2</sup>	0,0235 <sup>1</sup> /0,20 <sup>2</sup>	1,04	1,20	1,14	1,39
Caingá	a=10,02 b=3,625 c=1,131	a=10,02 b=2,710 c=0,595	0,0593 <sup>1</sup> /-0,26 <sup>2</sup>	0,0824 <sup>1</sup> /-6,41 <sup>2</sup>	0,74	1,70	0,47	2,44	$\alpha$ =0,876 $\beta$ =3,893	$\alpha$ = <b>0,8368</b> $\beta$ = <b>4,6701</b>	0,0742 <sup>1</sup> /1,50 <sup>2</sup>	<b>0,0070<sup>1</sup></b> <b>/-2,22</b>	1,85	<b>0,32</b>	2,59	<b>0,44</b>
Jacarandá	<b>a=10,02</b> <b>b=9,280</b> <b>c=1,550</b>	a=10,02 b=9,664 c=1,369	<b>0,0748<sup>1</sup></b> <b>/-0,36<sup>2</sup></b>	0,0416 <sup>1</sup> /0,04 <sup>2</sup>	<b>1,14</b>	1,43	<b>0,84</b>	1,41	$\alpha$ =1,094 $\beta$ =2,485	$\alpha$ =1,0855 $\beta$ =2,4909	0,0469 <sup>1</sup> /0,21 <sup>2</sup>	0,0445 <sup>1</sup> /0,03 <sup>2</sup>	1,84	1,88	1,74	1,78
Guabirola	a=10,02 b=14,39 c=1,137	<b>a=10,02</b> <b>b=17,90</b> <b>c=0,910</b>	0,1468 /-0,26 <sup>2</sup>	<b>0,1252<sup>1</sup></b> <b>/1,60<sup>2</sup></b>	1,61	<b>1,06</b>	1,06	<b>1,16</b>	$\alpha$ =0,790 $\beta$ =1,441	$\alpha$ =0,7481 $\beta$ =1,4435	0,0537 <sup>1</sup> /0,52 <sup>2</sup>	0,0323 <sup>1</sup> /-0,15 <sup>2</sup>	1,20	1,20	1,15	1,11

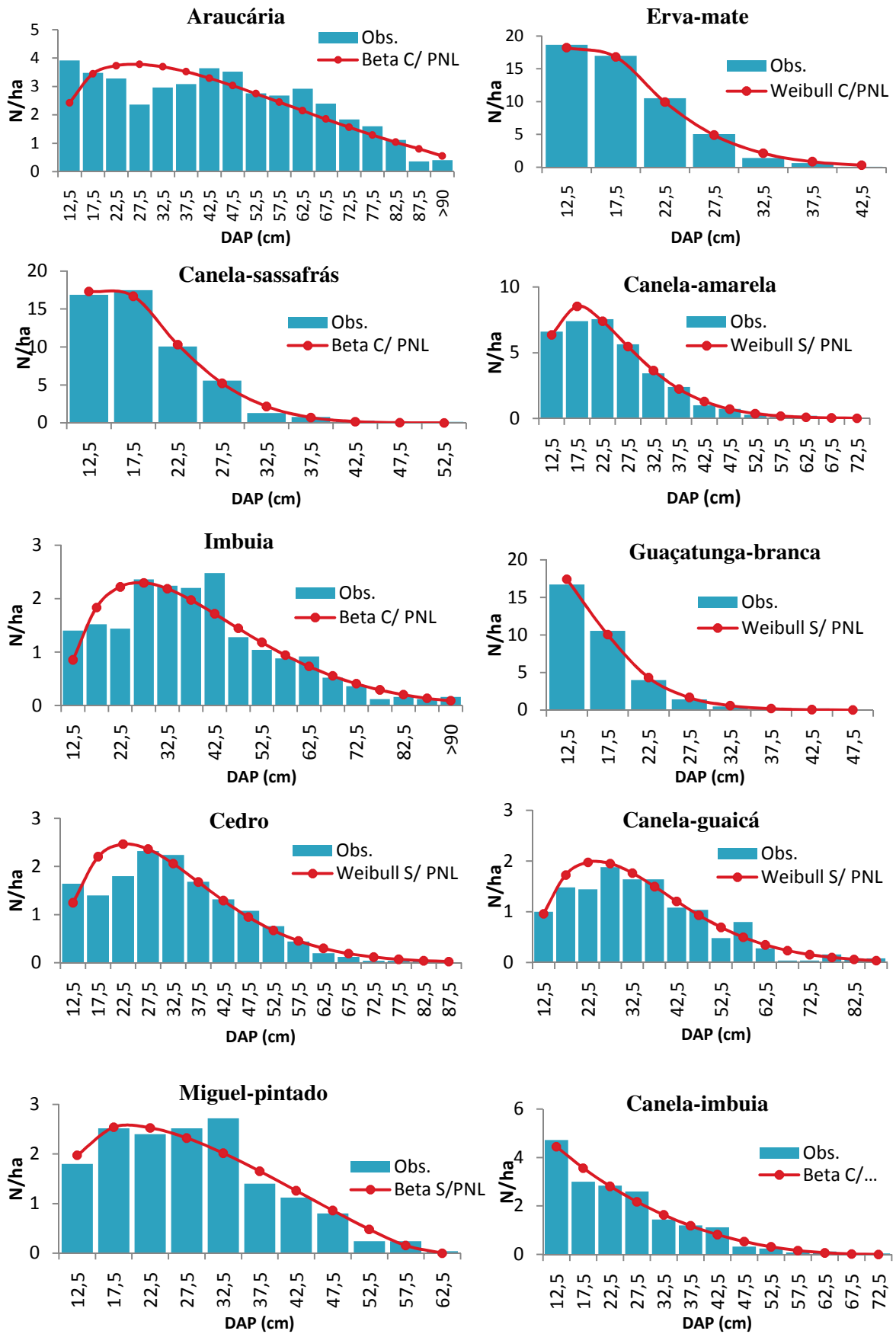
<sup>1</sup> Houve aderência ao nível de 0,01 de probabilidade para o teste K-S; <sup>2</sup> Houve aderência ao nível de 0,05 de probabilidade para o teste H-P; PNL – programação não-linear

**Tabela 13.** Número de árvores por hectare (N/ha) observados e estimados pelas funções de melhor desempenho de acordo com o índice de Reynolds.

Classes de DAP (cm)	Araucária		Erva-mate		Canela - sassafrás		Canela-amarela		Imbuia		Guaçatunga-branca		Cedro		Canela-guaicá		Miguel-pintado		Canela-imbuia	
	Obs	Beta C/ PNL	Obs.	Weib. C/ PNL	Obs	Beta C/ PNL	Obs	Weib. S/ PNL	Obs	Beta C/ PNL	Obs	Weib. S/ PNL	Obs	Weib. S/ PNL	Obs	Weib. S/ PNL	Obs	Beta S/PNL	Obs	Beta C/ PNL
12,5	3,92	2,43	18,68	18,24	16,88	17,32	6,60	6,35	1,40	0,85	16,7	17,41	1,64	1,25	1,00	0,96	1,80	1,98	4,72	4,45
17,5	3,48	3,44	17,00	16,83	17,48	16,71	7,40	8,53	1,52	1,83	10,5	10,04	1,40	2,20	1,48	1,73	2,52	2,54	3,00	3,56
22,5	3,28	3,74	10,52	9,93	10,08	10,31	7,56	7,40	1,44	2,22	4,00	4,34	1,80	2,46	1,44	1,98	2,40	2,53	2,84	2,81
27,5	2,36	3,78	5,04	4,90	5,56	5,22	5,64	5,47	2,36	2,30	1,44	1,68	2,32	2,36	1,88	1,95	2,52	2,32	2,60	2,17
32,5	2,96	3,70	1,40	2,14	1,28	2,17	3,44	3,65	2,24	2,19	0,48	0,61	2,24	2,06	1,64	1,77	2,72	2,02	1,44	1,63
37,5	3,08	3,52	0,64	0,85	0,76	0,70	2,40	2,25	2,20	1,98	0,12	0,21	1,68	1,68	1,64	1,50	1,40	1,65	1,20	1,18
42,5	3,64	3,30	0,08	0,31	0,28	0,16	1,00	1,30	2,48	1,72	0,24	0,07	1,32	1,29	1,08	1,21	1,12	1,26	1,12	0,82
47,5	3,52	3,03			0,08	0,02	0,72	0,71	1,28	1,45	0,04	0,02	1,08	0,95	1,04	0,93	0,80	0,86	0,32	0,53
52,5	2,76	2,75			0,12	0,00	0,28	0,37	1,04	1,18			0,76	0,67	0,48	0,70	0,24	0,48	0,24	0,31
57,5	2,68	2,45			0,08		0,12	0,18	0,88	0,94			0,44	0,45	0,80	0,50	0,24	0,16	0,08	0,16
62,5	2,92	2,15					0,20	0,09	0,92	0,73			0,20	0,30	0,28	0,35	0,04		0,12	0,07
67,5	2,40	1,85					0,04	0,04	0,52	0,55			0,12	0,19	0,04	0,24			0,00	0,02
72,5	1,84	1,57					0,00	0,02	0,36	0,41			0,04	0,12	0,04	0,16			0,04	
77,5	1,60	1,29							0,12	0,29			0,04	0,07	0,16	0,10				
82,5	1,12	1,04							0,16	0,20			0,04	0,04	0,08	0,06				
87,5	0,36	0,80							0,12	0,14			0,00	0,02	0,08	0,04				
92,5	0,24	0,59							0,00	0,09										
97,5	0,08	0,41							0,00	0,05										
102,5	0,00	0,26							0,04	0,03										
107,5	0,04	0,14							0,00	0,02										
112,5	0,00	0,06							0,00	0,01										
117,5	0,00	0,01							0,00	0,00										
122,5	0,04	0,00							0,00	0,00										
>125	0,00	0,00							1,2	0,00										

Continua...





**Figura 7.** Número de árvores por hectare (N/ha) observado e estimado pelas funções de melhor desempenho para as 20 espécies de maior IVI.

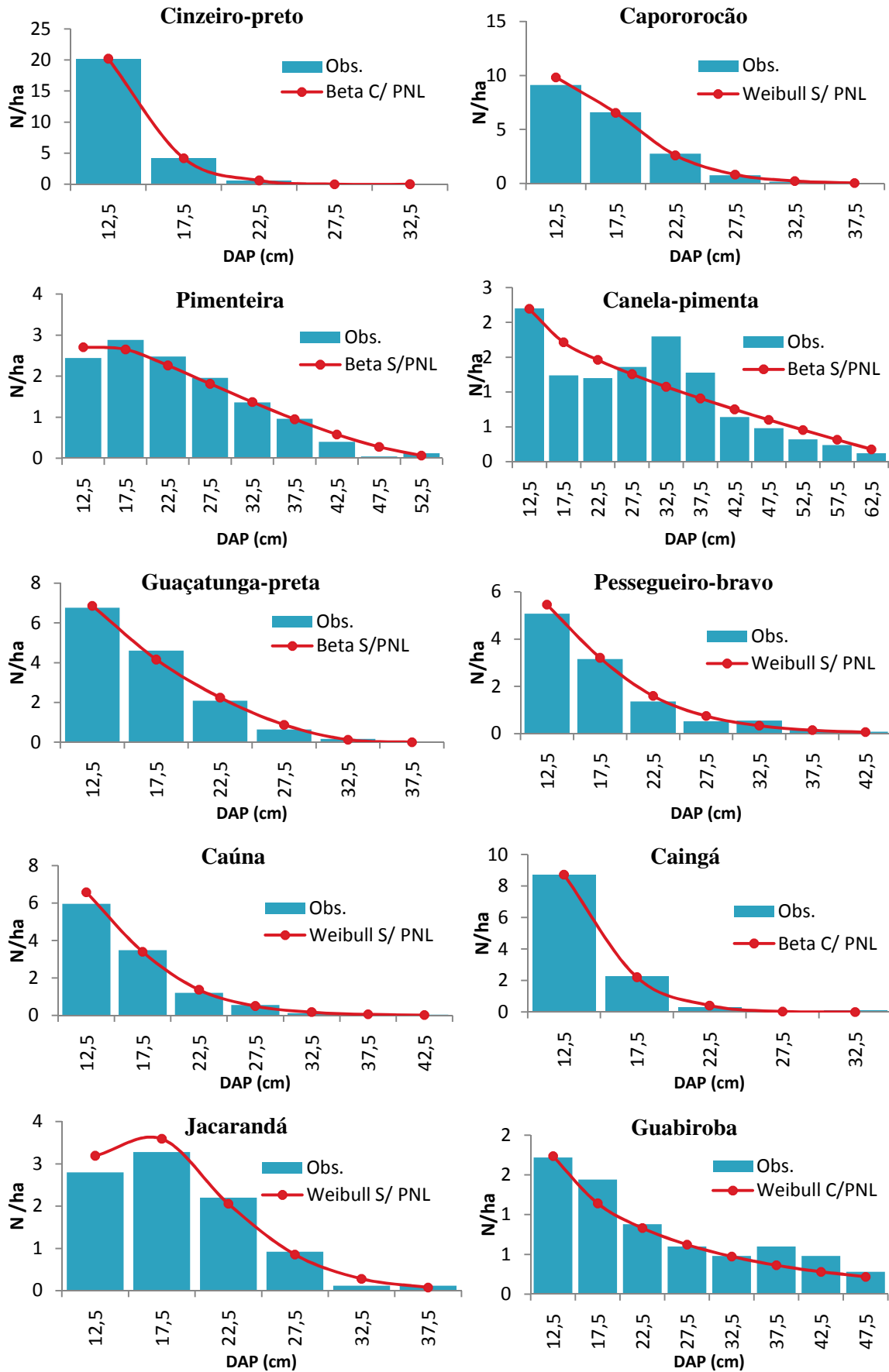
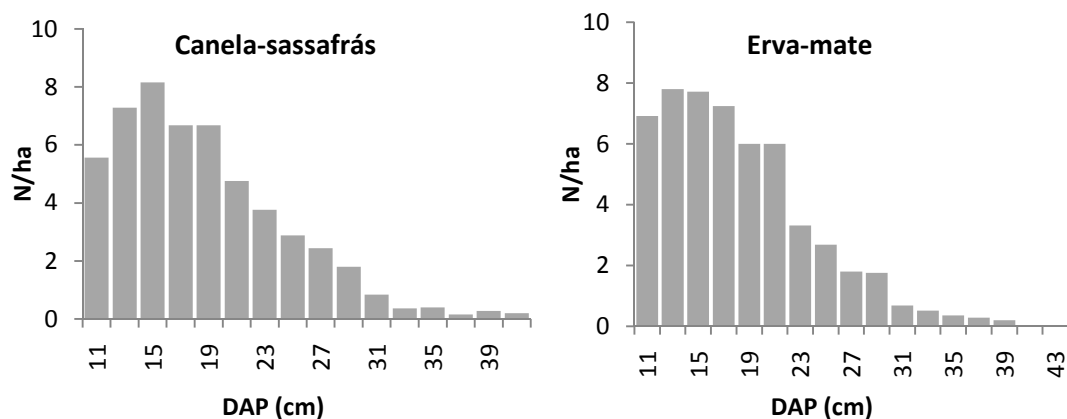


Figura 7. Conclusão.



Analisando os parâmetros da função Weibull 3P, verifica-se que guabiroba, caúna, caingá, cinzeiro-preto e pessegueiro-bravo apresentaram o valor do coeficiente  $c$  abaixo de 1, caracterizando a distribuição como decrescente (Tabela 12). O parâmetro  $c$  apresentou valores acima de 1 para algumas espécies como é o caso da guaçatunga-branca, erva-mate, canela-sassafrás, guaçatunga-preta e capororocão, o que caracteriza as distribuições unimodais com assimetria positiva. Porém, analisando-se a Figura 7, estas espécies apresentaram a forma decrescente mesmo quando o parâmetro de forma  $c$  apresentou valores acima de 1. Uma justificativa para a ocorrência desta inconsistência é que o intervalo de 5 cm utilizado para agrupar os dados de algumas espécies, aparentemente, não representou as realidades da distribuição, principalmente nas primeiras classes nas quais o número de árvores é maior. Sabe-se que quanto menor for o intervalo de classe utilizado, maior é a visualização real da distribuição. Segundo Westphal et al. (2006) intervalos de classes maiores podem atenuar as pequenas irregularidades na distribuição.

Para exemplificar o exposto, os dados de diâmetro do sassafrás e da erva-mate foram agrupados em intervalos de 2 cm. Verificou-se que a distribuição passou de decrescente (quando os dados foram agrupados em 5 cm conforme a Figura 7) para unimodal com forte assimetria positiva, conforme demonstra a Figura 8.



**Figura 8.** Distribuição diamétrica da canela-sassafrás e erva-mate indicando a tendência da unimodalidade com assimetria positiva para dados agrupados em intervalos de 2 cm.

Ao considerar individualmente a distribuição diamétrica, verificou-se na Figura 7 que a maioria das espécies apresentou um grande número de árvores nas primeiras classes, caracterizando boa regeneração e continuidade na perpetuação da espécie. Algumas espécies

se diferenciaram pelo maior número de indivíduos na primeira classe, definindo a distribuição na forma "J-invertido". Outras espécies apresentaram a moda não na primeira classe, mas próxima a essa, nas classes subsequentes caracterizando a distribuição como unimodal com assimetria positiva.

A distribuição irregular de espécies como a araucária e a imbuia sugerem a ação antrópica com cortes seletivos em alguma época no passado.

Para a araucária, foi verificado um declínio no número de árvores na classe de DAP, que abrange indivíduos entre 25-30 cm, definindo a distribuição como bimodal. A presença de um grande número de árvores nas primeiras classes (que antecedem a classe com déficit de árvores) indica a característica resiliente da espécie após a intervenção, com alta regeneração natural.

Riveira (2007) e Lingner et al. (2007) também encontraram a bimodalidade na distribuição da araucária. Segundo esses autores, Mello e Leite<sup>1</sup> (1983) também encontraram irregularidades na distribuição desta espécie. Schaaf et al. (2006) avaliaram a distribuição diamétrica da araucária em duas ocasiões que os dados foram levantados com um intervalo de aproximadamente 20 anos. Em ambas as ocasiões, a distribuição apresentou-se na forma decrescente, a mesma distribuição encontrada por Longhi (1980) e Pizzato (1999) em florestas de araucária.

Machado et al. (1997) testaram as funções Weibull, Beta, Log Normal, Normal e Gama para representar a distribuição diamétrica da araucária em florestas primárias e secundárias no Inventário Florestal do Pinheiro no sul do Brasil, abrangendo os estados do sul do Brasil. Nas florestas primárias, a distribuição apresentou a forma unimodal com pouca assimetria e, de acordo com os testes K-S e  $\chi^2$ , a função Weibull foi a que melhor representou esta tipologia. As florestas secundárias apresentaram a distribuição unimodal com forte assimetria.

Foi observada a distribuição irregular também para a imbuia, sugerindo que esta espécie também sofreu intervenções. Na maioria das classes ocorreu aproximadamente 1 árvore/ha, porém nas classes intermediárias (entre 25 e 45 cm) houve a ocorrência de 2 árvores/ha. Lingner et al. (2007) também encontraram distribuição irregular para a distribuição da imbuia com poucos indivíduos nas classe inferiores. Nas classes de 80-90 cm e 90- 100 cm não constataram a presença de árvores, porém na classe de 100 a 110 cm houve a ocorrência de árvores, aumentando consideravelmente a área basal.

---

<sup>1</sup> MELLO, C. M. S.; LEITE, E. J. **Levantamento do volume madeireiro, composição florística e dinâmica da regeneração natural da Reserva de Caçador, Estação Experimental de Caçador, SC**, 100 p. Brasília, 1983.

Silva et al. (2004) afirmaram que a permanência de determinada espécie em uma comunidade natural depende dentre outros fatores da existência de uma distribuição regular do número de indivíduos por classes de diâmetro, de tal modo que possa garantir sua estabilidade futura, assim como da ocorrência de árvores reprodutivas. Acrescentaram que deste modo, baixas densidades populacionais de adultos e regenerantes são indicativos de que a espécie poderá vir a ser substituída durante a evolução da floresta, sendo que a sua efetiva conservação *in situ* só poderá ocorrer, se todas as fases de crescimento forem mantidas no ambiente onde a espécie se desenvolve.

Schaaf et al. (2006) afirmaram que se uma espécie tem poucos indivíduos nas classes inferiores, mas pequena probabilidade de morrer devido à competição, é bem provável que tal espécie se mantenha na floresta. Eles acrescentaram que, no entanto, uma espécie na qual grande parte dos indivíduos esteja sujeita a morrer devido à competição, necessitam apresentar grande frequência nas classes diamétricas inferiores para ter alguma chance de sobreviver na comunidade.

Carvalho (1981) estudou algumas espécies da Amazônia e determinou que espécies heliófilas como a cupiúba (*Goupia glabra*) não apresentaram indivíduos nas primeiras classes em decorrência da floresta oferecer pouca penetração de luz. Outras espécies estudadas como a andiroba (*Carapa guianensis*), jarana (*Holopyxidium jarana*) e feijó-branco (*Cordia bicolor*) apresentaram distribuições decrescentes.

O valor do parâmetro  $c$  da função Weibull varia de acordo com as características da espécie e o regime de manejo além de outros fatores. Batista (1989), em florestas pluviais no Maranhão, observou que para as espécies pioneiras o valor do parâmetro  $c$  ficaram próximos de 2, diminuindo gradativamente para valores próximos a 1 para as espécies clímax. Os valores de  $c$  próximos a 2 encontrados para a imbuia não confirmam as afirmações de Batista (1989), pois a imbuia não é considerada uma espécie pioneira. Os valores do parâmetro  $c$  para as demais espécies estudadas ficaram próximos a 1,5 indicando a tendência da unimodalidade com assimetria positiva.

Dentre as espécies analisadas, verifica-se a presença de árvores em quase todas as classes, porém em menor número nas maiores classes diamétricas, seguindo a dinâmica natural da floresta onde poucos indivíduos atingem grandes dimensões, devido a intensa disputa por luz, água e nutrientes com outras espécies.

Deve ser ressaltado que o intervalo de classe utilizado para agrupar os dados de diâmetro interfere diretamente na forma da distribuição. Outro fator importante que deve ser considerado é que dependendo do regime de manejo em que uma determinada espécie foi

submetida, esta medida pode descaracterizar a estrutura e, conseqüentemente, a distribuição diamétrica que esta espécie poderia apresentar, caso esta não fosse submetida a nenhuma intervenção. Fica claro que ações antrópicas, com cortes seletivos das principais espécies comerciais em décadas passadas descaracterizaram a estrutura diamétrica destas espécies e por esta razão estudos têm apresentado divergências nos resultados como é o caso das diferentes distribuições encontradas para a araucária (unimodais, bimodais e decrescentes).

De modo geral, foram encontradas grandes diferenças entre as distribuições diamétricas das espécies analisadas. Dentre os ajustes realizados para as 20 espécies, a função Weibull 3P ajustada pelo Método da Máxima Verossimilhança apresentou melhor desempenho na maioria dos casos, conforme indicam o IR e EPE (%). Porém para algumas espécies a função Beta obteve melhores resultados. Assim, ambas as funções (Weibull e Beta) podem ser utilizadas para as espécies analisadas, visto que houve aderência do teste K-S em quase todos os casos, ou seja, não houve diferença significativa entre a distribuição empírica e a distribuição hipotética.

## **5.5 Avaliação dos ajustes para unidades amostrais**

### **5.5.1 Efeito da intensidade amostral e das dimensões da parcela no ajuste da distribuição diamétrica**

Para avaliar o efeito dos tamanhos das parcelas nos ajustes de distribuição diamétrica, foram utilizados o índice de Reynolds, o EPE (%) e a análise gráfica dos resíduos.

Foi feito um único ajuste com os dados de diâmetro para cada intensidade amostral proposto em cada tamanho de parcela analisada, visto esta ser a melhor metodologia de abordagem da floresta, como aponta o item 5.2.

Não foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para fins comparativos, pois cada intensidade amostral e tamanho amostral apresentou um valor diferente de observações (N), que interfere no cálculo do  $D_{calc}$ . O número de árvores observado e estimado para cada intensidade amostral está apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14.** Número de árvores observado e estimado para cada intensidade amostral e tamanhos de unidades amostrais analisados.

DAP (cm)	Obs/ha	20 m x 50 m			20 m x 100 m			50 m x 50 m			50 m x 100 m		
		6%	10%	16%	6%	10%	16%	6%	10%	16%	6%	10%	16%
15	322,3	305,3	305,4	323,6	288,2	341,2	311,7	324,9	326,3	301,3	285,6	302,7	367,2
25	137,6	129,4	139,2	142,8	123,1	146,7	137,2	129,1	139,9	129,1	131,6	127,5	146,2
35	52,4	60,1	62,3	63,5	57,2	66,1	62,4	58,7	63,8	58,4	59,7	58,7	64,7
45	26,9	28,7	27,8	28,3	27,3	30,2	28,7	27,8	29,7	26,9	27	27,7	29,6
55	12,8	14	12,3	12,6	13,2	14	13,3	13,5	14	12,5	12,2	13,3	13,8
65	8,1	6,9	5,5	5,7	6,5	6,5	6,2	6,7	6,6	5,9	5,5	6,5	6,5
75	4,3	3,4	2,4	2,5	3,2	3	2,9	3,3	3,2	2,8	2,5	3,2	3,1
85	2,0	1,7	1,1	1,1	1,6	1,4	1,3	1,7	1,5	1,3	1,1	1,6	1,5
95	0,3	0,9	0,5	0,5	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7
105	0,1	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4
115	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
125	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1
135	0,0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0
145	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IR		39,5	35,6	24,6	58,6	50,3	28,0	22,8	25,5	41,2	56,7	41,5	73,7
EPE %		3,7	3,6	2,3	6,8	4,6	2,7	2,0	2,3	4,3	6,9	4,2	8,6

Um outro sorteio para aleatorizar a escolha da primeira parcela e assim sistematizar o estabelecimento das demais parcelas, poderia apresentar outros resultados.

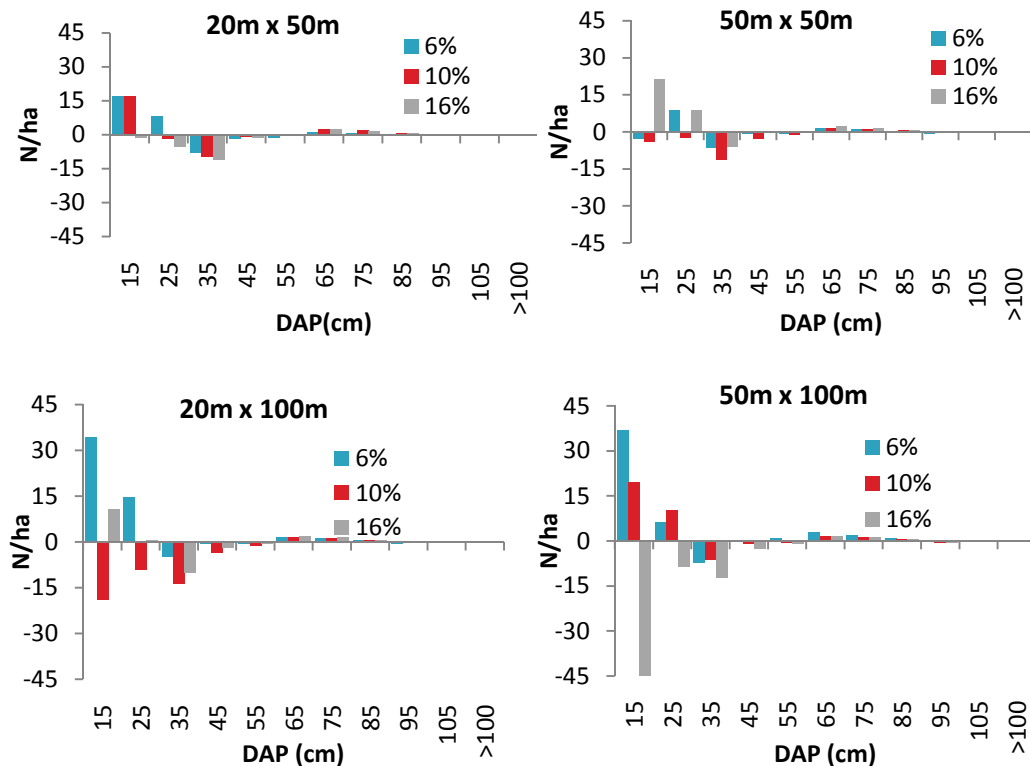


Figura 9. Resíduos para cada intensidade amostral e tamanho de parcela analisados.

As prévias suposições de que parcelas com tamanhos maiores e maior intensidade amostral apresentariam melhores resultados nos ajustes, não foi concretizada, visto que parcelas de 50 m x 50 m com intensidade amostral de 6% apresentaram melhor desempenho. Esta inconsistência observada nos resultados sugere que estudos mais aprofundados sejam realizados para avaliar a influência do tamanho das unidades amostrais e intensidade amostral, nos ajustes de funções densidade probabilidade para descrever a distribuição diamétrica.

## 5.6 Evolução da distribuição diamétrica

### 5.6.1 Dinâmica da Distribuição Diamétrica para todas as espécies

A Tabela 15 apresenta a dinâmica da floresta para os 25 ha que compreendem a área de estudo em um período de 6 anos de monitoramento (entre 2002 e 2008). A análise da dinâmica considera a mortalidade, a taxa de movimentação de árvores para a classe superior e o ingresso de árvores em valores absolutos e relativos (%), em cada classe diamétrica.

**Tabela 15.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da floresta como um todo em classes de DAP com intervalo de 10 cm.

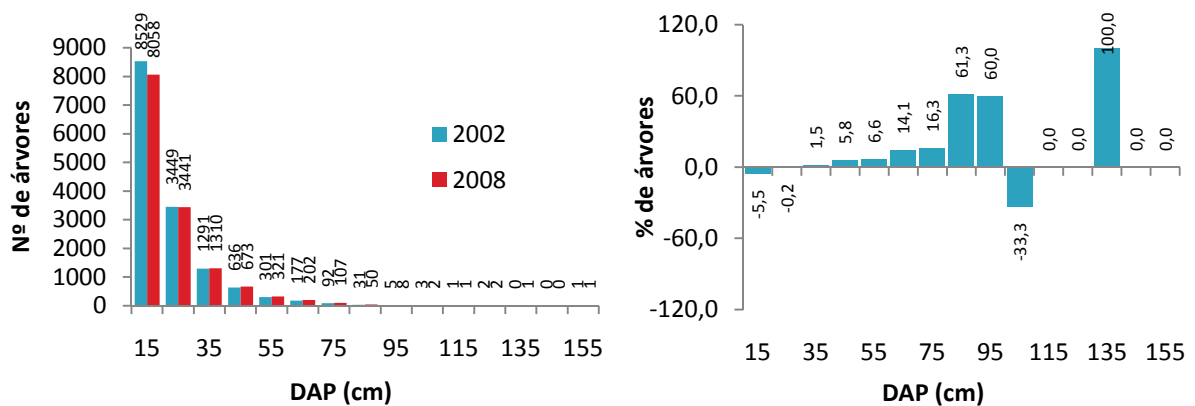
Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
15	8528	985 (11,6%)	7543	6878 (91,2%)	1180*	8058
25	3449	340 (9,9%)	3109	2776 (89,3%)	665 (8,8 %)	3441
35	1291	120(9,3%)	1171	977 (83,4%)	333 (10,7%)	1310
45	636	57 (9,0%)	579	479 (82,7%)	194 (16,6%)	673
55	301	9 (3,0%)	292	221 (75,7%)	100 (17,3%)	321
65	177	8 (4,5%)	169	131 (77,5%)	71 (24,3%)	202
75	92	0 (0%)	92	69 (75,0%)	38 (22,5%)	107
85	31	0 (0%)	31	27 (87,1%)	23 (25,0%)	50
95	5	1 (20%)	4	4 (100%)	4 (12,9%)	8
105	3	0 (0%)	3	2 (66,7%)	0 (0%)	2
115	1	0 (0%)	1	0 (0%)	1 (33,3%)	1
125	2	0 (0%)	2	1 (50%)	1 (100%)	2
135	0	0 (0%)	0	0 (0%)	1 (50%)	1
145	0	0 (0%)	0	0 (0%)	0 (100%)	0
155	1	0 (0%)	1	1 (100%)	0 (0%)	1
<b>SOMA</b>	<b>14517</b>	<b>1520</b>	<b>12997</b>	<b>11566</b>	<b>2611</b>	<b>14177</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

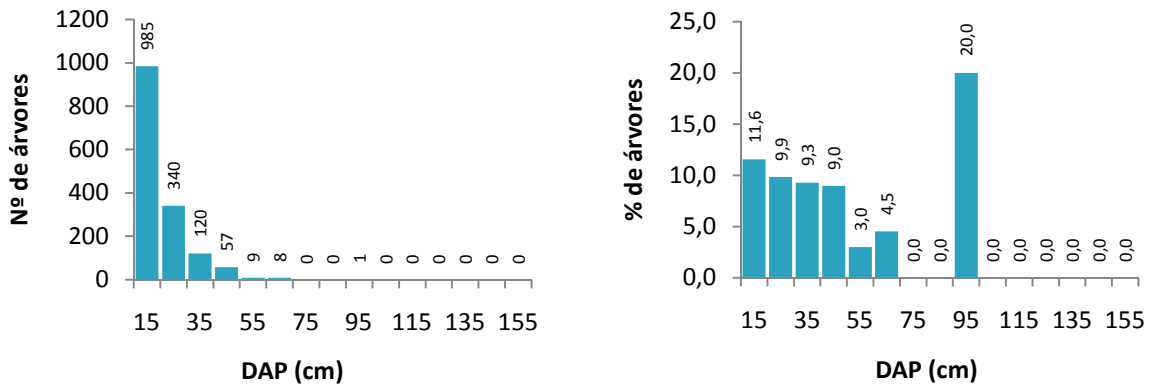
A Tabela 15 mostra que a percentagem de árvores que permaneceram nas classes diamétricas foi acima de 75% para as classes que apresentaram grande número de árvores (acima de 27 indivíduos). Percentuais maiores foram encontrados nas classes mais avançadas, devido à baixa frequência.

A distribuição diamétrica para os levantamentos realizados em 2002 e 2008, bem como os desvios da frequência observada em percentagem (%) entre os dois levantamentos realizados estão apresentados na Figura 10.



**Figura 10.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para todas as espécies.

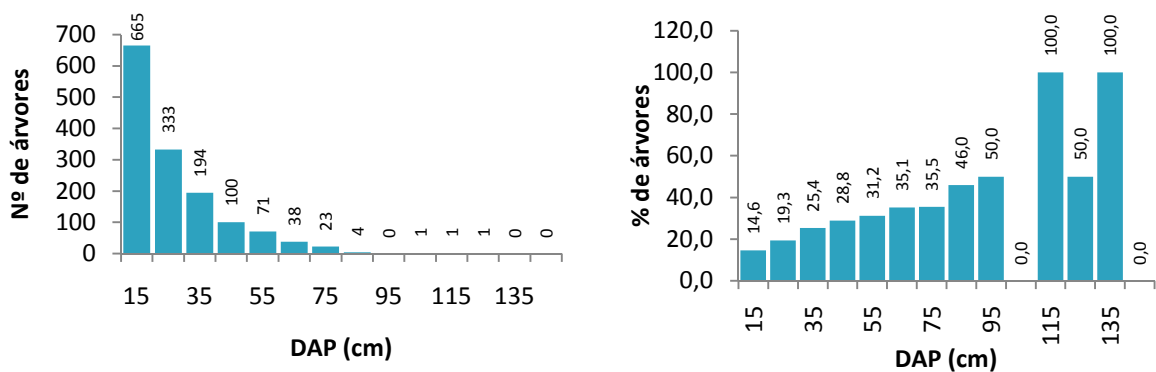
A maior mortalidade em valores absolutos e relativos foi verificada na 1ª classe. (Figura 11). A redução do número de árvores nesta classe que apresenta maior densidade (área basal) reflete a alta competição das plantas por luz e nutrientes nas fases iniciais da planta. O número de árvores que morreram no período de 6 anos foi de 1520 árvores. Dessas, 64,8% morreram na 1ª classe, 22,4% na 2ª classe, 7,9% na 3ª classe, 3,8% na 4ª classe, 0,6 e 0,5% na 5ª e 6ª classe, respectivamente. Analisando-se a mortalidade em relação ao número de árvores observado em cada classe no ano de 2002 foi verificada maior mortalidade na 1ª classe (11,6%), seguindo uma tendência decrescente com o avanço das classes, representando 9,9% na 2ª classe, 9,3% na 3ª classe, 9% na 4ª classe, 3% na 5ª classe, exceto na 6ª em que houve um ligeiro aumento (4,5%) O alto índice de mortalidade encontrado na 9ª classe (20%) é explicado pelo pequeno número de árvores encontrados nesta classe, com a ocorrência de 1 árvore morta dentre as 5 que existiam em 2002.



**Figura 11.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para todas as espécies.

Considerando as árvores que avançaram para classe superior adjacente e as que ingressaram, ou seja, atingiram o DAP mínimo (10 cm) mensurado na área de estudo, verificou-se o ingresso de 45,3% (1180 indivíduos) das árvores e taxa de movimentação de 54,7% (1431 indivíduos).

A Figura 12 mostra o número de árvores que avançaram para a classes superior adjacente, bem como a taxa de mudança (%) no período de 6 anos (2002-2008).



**Figura 12.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação (%) para a classe superior adjacente para todas as espécies.

Observou-se maior movimentação de árvores em valores absolutos, nas menores classes, devido à maior presença de árvores nestas classes, diminuindo gradativamente com o avanço das classes, seguindo a mesma tendência (decrecente) da mortalidade (Figura 11). Porém em valores relativos foi observada maior taxa de movimentação com o avanço das classes, sugerindo que as árvores suprimidas (de menor classe diamétrica) apresentam as menores taxas de crescimento em diâmetro, em decorrência da alta competição nas menores



classes. Estas informações corroboram com estudos de Carvalho et al. (2004) que compararam a taxa de crescimento diamétrico entre uma área explorada e uma inexplorada na Floresta Amazônica. Segundo os autores, na área inexplorada foi verificada maiores taxas de crescimento em diâmetro nas classes mais avançadas quando comparada às primeiras classes. Swaine et al. (1987) afirmaram que árvores maiores estão propensas a terem maior incidência de luz solar, devido a uma maior área de copa e, portanto, apresentam as maiores taxas de crescimento em diâmetro.

Verificou-se que 665 das árvores avançaram da 1ª para a 2ª classe (8,8% do número de árvores da 1ª classe e 46,5% em relação ao número total de das árvores que se moveram para a classe superior); 10,7% das árvores da 2ª classe avançaram para 3ª classe (23,3% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 16,6% das árvores da 3ª classe avançaram para 4ª classe (13,6% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 17,3% das árvores da 4ª classe avançaram para 5ª classe (7% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 24,3% das árvores da 5ª classe avançaram para 6ª classe (5% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 22,5% das árvores da 6ª classe avançaram para 7ª classe (2,7% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 25% das árvores da 7ª classe avançaram para 8ª classe (1,6 do número total de árvores que se moveram para a classe superior); 12,9% das árvores da 8ª classe avançaram para 9ª classe (0,3% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); e nenhuma árvore avançou da 9ª para a 10ª classe. A única árvore que havia na 11ª classe avançou para a 12ª classe, resultando em uma percentual de 100% nesta classe (0,1% do número total de árvores que se moveram para a classe superior); e das 2 árvores que haviam na 12ª classe, 1 avançou para a classe adjacente, resultando em um percentual de 50% (0,1% do número total de árvores que se moveram para a classe superior). Nas demais classes superiores não houve avanço de nenhuma árvore.

### **5.6.2 Dinâmica da Distribuição Diamétrica das 20 espécies de maior IVI**

Está apresentada a análise da dinâmica das 20 espécies de maior IVI. O estudo da dinâmica compreendeu a taxa de mortalidade, permanência e movimentação de árvores para classe superior de cada classe e as árvores ingressas, ou seja, que atingiriam o DAP mínimo mensurado contemplando toda a área amostrada (25 ha).

### 5.6.2.1 *Araucaria angustifolia* (araucária)

A mortalidade da araucária no período de 6 anos foi 14 árvores (1,33%) e o ingresso foi de 19 árvores (1,80%), resultando em um aumento de 5 árvores, indicando equilíbrio e boa perpetuação da espécie.

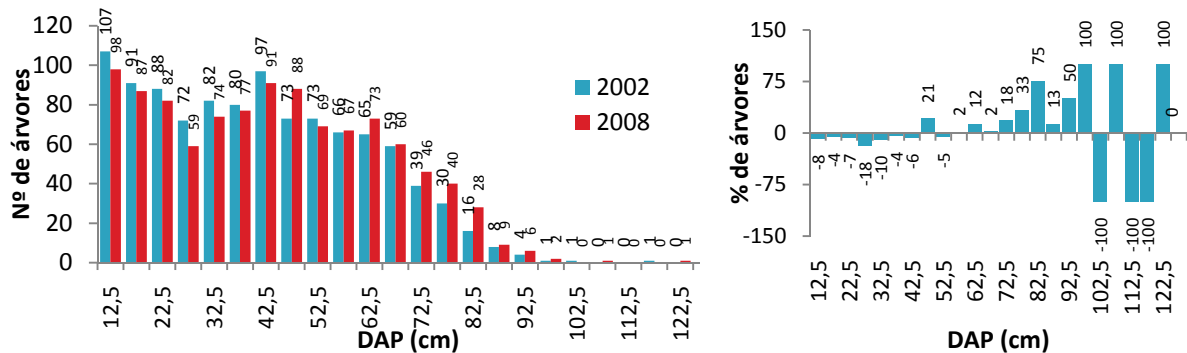
**Tabela 16.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso da espécie *Araucaria angustifolia* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	107	2 (1,9%)	105	79 (75,2%)	19*	98
17,5	91	3 (3,3%)	88	61 (69,3%)	26 (24,8%)	87
22,5	88	2 (2,3%)	86	55 (64,0%)	27 (30,7%)	82
27,5	70	0 (0,0%)	70	28 (40,0%)	31 (36,0%)	59
32,5	82	0 (0,0%)	82	32 (39,0%)	42 (60,0%)	74
37,5	79	0 (0,0%)	79	27 (34,2%)	50 (61,0%)	77
42,5	100	2 (2,0%)	98	39 (39,8%)	52 (65,8%)	91
47,5	72	1 (1,4%)	71	29 (40,8%)	59 (60,2%)	88
52,5	73	1 (1,4%)	72	27 (37,5%)	42 (59,2%)	69
57,5	65	1 (1,5%)	64	22 (34,4%)	45 (62,5%)	67
62,5	66	1 (1,5%)	65	31 (47,7%)	42 (65,6%)	73
67,5	60	0 (0,0%)	60	26 (43,3%)	34 (52,3%)	60
72,5	39	0 (0,0%)	39	12 (30,8%)	34 (56,7%)	46
77,5	30	0 (0,0%)	30	13 (43,3%)	27 (69,2%)	40
82,5	16	0 (0,0%)	16	11 (68,8%)	17 (56,7%)	28
87,5	8	0 (0,0%)	8	4 (50,0%)	5 (31,3%)	9
92,5	4	0 (0,0%)	4	2 (50,0%)	4 (50,0%)	6
97,5	1	1 (100%)	0	0 (0,0%)	2 (50,0%)	2
102,5	1	0 (0,0%)	1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0
107,5	0	0 (0,0%)	0	0 (0,0%)	1 (100%)	1
112,5	0	0 (0,0%)	0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0
117,5	1	0 (0,0%)	1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0
122,5	0	0 (0,0%)	0	0 (0,0%)	1 (100%)	1
<b>SOMA</b>	<b>1053</b>	<b>14</b>	<b>1039</b>	<b>498</b>	<b>560</b>	<b>1058</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

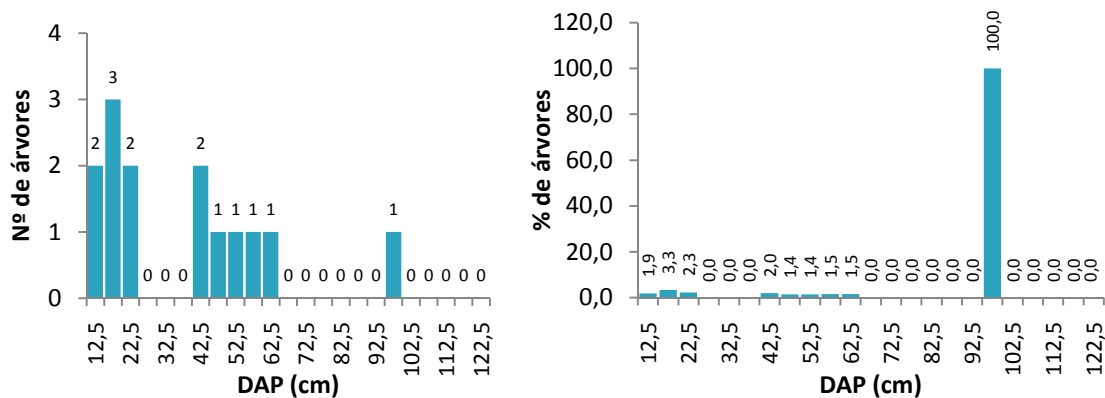
A distribuição diamétrica da araucária em ambos os levantamentos realizados apresentou a forma irregular com tendência à bimodalidade, conforme indica a Figura 13.



**Figura 13.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Araucaria angustifolia*.

Ao longo de 6 anos, ocorreu o decréscimo de árvores nas primeiras classes diamétricas e o aumento de árvores nas classes intermediárias e superiores, em razão da alta taxa de movimentação da espécie para as classes superiores (Figura 13).

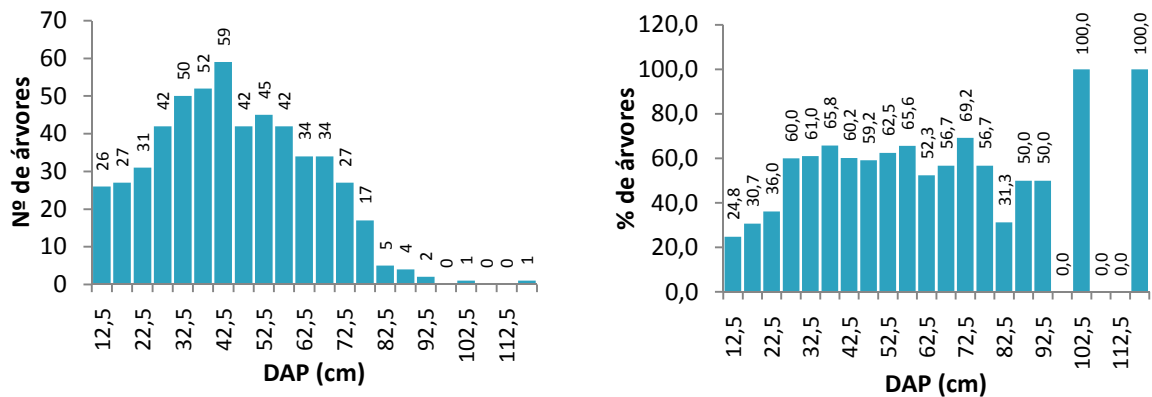
A Figura 14 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Araucaria angustifolia*.



**Figura 14.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para *Araucaria angustifolia*.

Verificou-se pequena mortalidade da araucária em todas as classes, exceto na classe que compreende indivíduos entre 95 e 100 cm em que a única árvore que havia nesta classe, morreu, elevando para 100% a taxa de mortalidade. Para as demais classes, a taxa de mortalidade máxima não ultrapassou 3,3%. Nenhuma árvore morreu com DAP acima de 65 cm.

A Figura 15 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Araucaria angustifolia*.



**Figura 15.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Araucaria angustifolia*.

Foi observado que o percentual de árvores que avançaram foi maior que o de permanência nas árvores com DAP entre 25 cm e 85 cm, caracterizando rápido crescimento nestas classes. Nas 3 primeiras classes a taxa de permanência na classe foi maior.

#### 5.6.2.2 *Ilex paraguariensis* (erva-mate)

A mortalidade da erva-mate foi 252 árvores (16,73%) e o ingresso foi de 80 árvores (5,31%), resultando em uma redução de 172 árvores, indicando degeneração da espécie.

**Tabela 17.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ilex paraguariensis* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	604	107 (17,7%)	497	387 (77,9%)	80*	467
17,5	491	66 (13,4%)	425	315 (74,1%)	110 (22,1)	425
22,5	248	42 (16,9%)	206	153 (74,3%)	110 (25,9)	263
27,5	106	20 (18,9%)	86	73 (84,9%)	53 (25,7)	126
32,5	37	9 (24,3%)	28	22 (78,6%)	13 (15,1)	35
37,5	14	3 (21,4%)	11	10 (90,9%)	6 (21,4)	16
42,5	6	5 (83,3%)	1	1 (100%)	1 (9,1)	2
<b>SOMA</b>	<b>1506</b>	<b>252</b>	<b>1254</b>	<b>961</b>	<b>373</b>	<b>1334</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

Observou-se que na 1ª e 2ª classes diminuiu o número de árvores em um período de 6 anos e na 3ª e 4ª houve aumento destas (Figura 16). Verificou-se maior redução do número de árvores na 1ª classe decorrente do baixo número de árvores ingressas em relação às árvores mortas nesta classe e das árvores que avançaram para a 2ª classe.

Para a erva-mate, a mortalidade se apresentou constante em todas as classes, variando entre 13,4% e 24,3%, exceto na última classe, com árvores entre 40 cm e 45 cm em que das 6 árvores que haviam na classe, 5 morreram (83%). Esta alta mortalidade na última classe sugere ciclo de vida curto da espécie, em que as árvores crescem até atingirem um determinado diâmetro, quando então morrem.

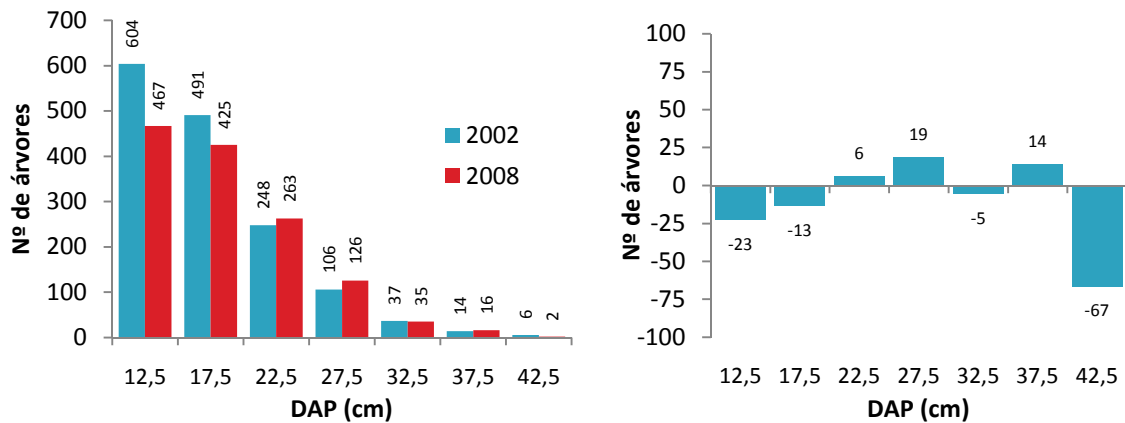
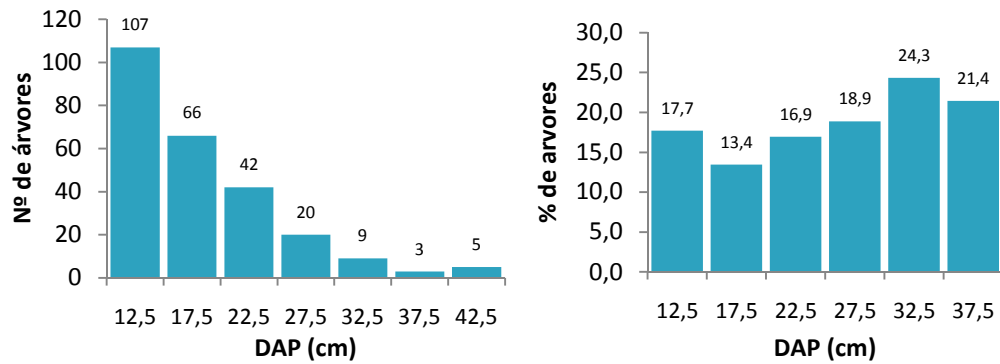


Figura 16. Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ilex paraguariensis*.

O baixo percentual de árvores que avançaram para a classe superior adjacente indica crescimento lento da espécie. Para as classes em que houve mais de 10 árvores este percentual oscilou entre 21,4% e 25,9%.

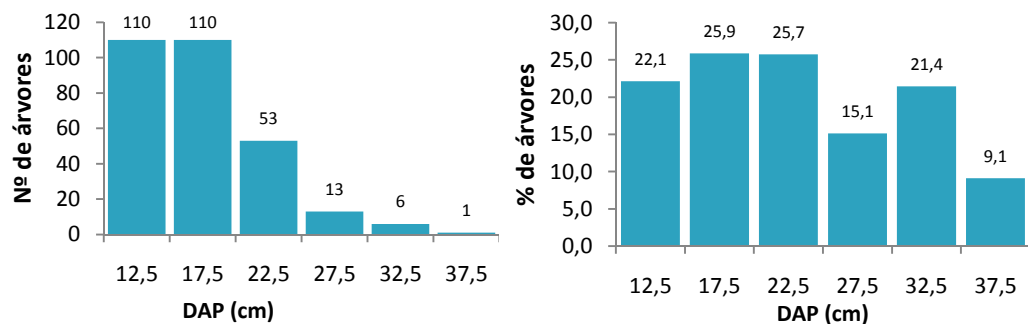
A Figura 17 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ilex paraguariensis*.



**Figura 17.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para *Ilex paraguariensis*.

Em valores absolutos verificou-se uma tendência decrescente no número de árvores que morreram e que avançaram para classes adjacentes, seguindo a mesma forma da distribuição diamétrica da espécie.

A Figura 18 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Ilex paraguariensis*.



**Figura 18.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Ilex paraguariensis*.

Houve menor taxa de mortalidade e maior taxa de mudança (movimentação de árvores) nas três primeiras classes.

### 5.6.2.3 *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás)

A mortalidade no período de 6 anos para a canela-sassafrás foi de 31 árvores (2,39%) e o ingresso foi de 48 árvores (3,70%), e assim houve aumento de 17 árvores, indicando boa perpetuação da espécie.

**Tabela 18.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ocotea odorifera* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

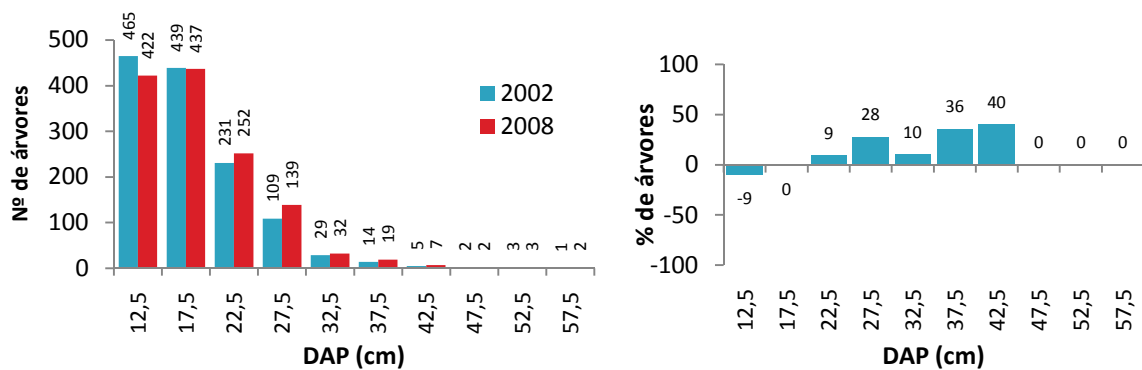
Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	465	15 (3,2%)	450	374 (83,1%)	48*	422
17,5	439	9 (2,1%)	430	361 (84,0%)	76 (16,9%)	437
22,5	231	2 (0,9%)	229	183 (79,9%)	69 (16,0%)	252
27,5	109	5 (4,6%)	104	93 (89,4%)	46 (20,1%)	139
32,5	29	0 (0,0%)	29	21 (72,4%)	11 (10,6%)	32
37,5	14	0 (0,0%)	14	11 (78,6%)	8 (27,6%)	19
42,5	5	0 (0,0%)	5	4 (80,0%)	3 (21,4%)	7
47,5	2	0 (0,0%)	2	1 (50,0%)	1 (20,0%)	2
52,5	3	0 (0,0%)	3	2 (66,7%)	1 (50,0%)	3
57,5	1	0 (0,0%)	1	1 (100,0%)	1 (33,3%)	2
<b>SOMA</b>	<b>1298</b>	<b>31</b>	<b>1267</b>	<b>1051</b>	<b>264</b>	<b>1315</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

Observou-se baixa taxa de mortalidade para a canela-sassafrás. A maior taxa de mortalidade dentre as classes não ultrapassou 5%.

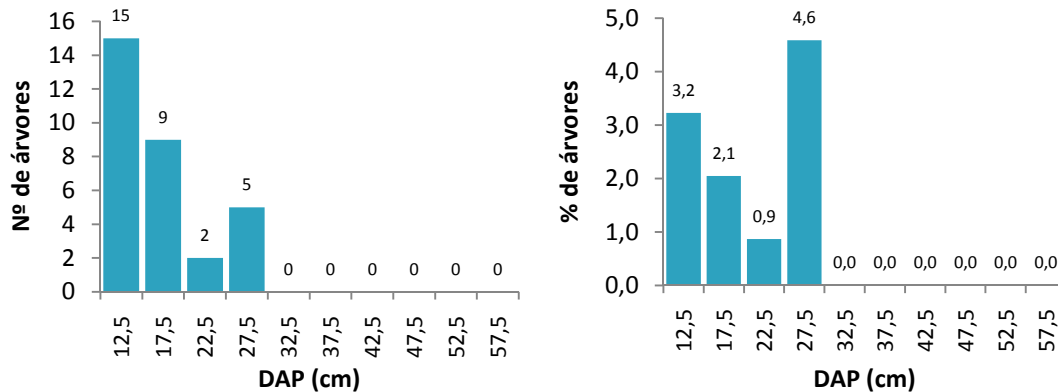
O baixo percentual de árvores que avançaram nas classes determina a característica de crescimento lento da espécie quando comparada a outras canelas, visto que a espécie teve o menor taxa de mudança (árvores que avançaram de classe) dentre os representantes da família das Lauráceas neste trabalho.



**Figura 19.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ocotea odorifera*.

Observou-se redução do número de árvores nas duas primeiras classes e aumento do número destas nas classes intermediárias. Os percentuais foram mais expressivos nas classes intermediárias devido a baixa frequência nestas classes.

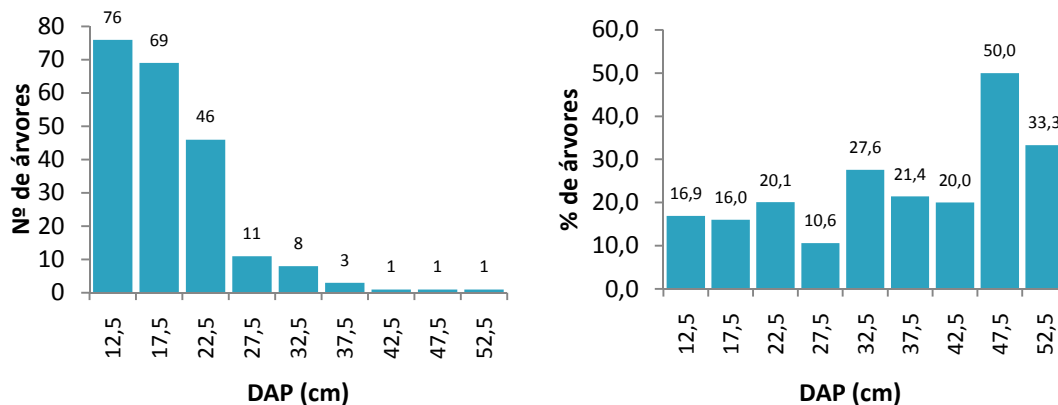
A Figura 20 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ocotea odorifera*.



**Figura 20.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Ocotea odorifera*.

Verificou-se a ocorrência de mortalidade apenas nas 4 primeiras classes. Na quarta classe, a taxa de mortalidade (%) foi mais expressiva. Não houve a ocorrência de nenhuma árvore morta com DAP > 30 cm.

A Figura 21 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Ocotea odorifera*.



**Figura 21.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Ocotea odorifera*.



O percentual de árvores que avançaram de classe apresentou tendência constante (entre 10,6% e 27,4%) nas classes que houve mais de 5 observações (indivíduos com DAP até 45 cm).

#### 5.6.2.4 *Nectandra grandiflora* (canela-amarela)

A mortalidade da canela-amarela foi de 72 árvores no período de 6 anos (7,68%) e o ingresso foi de 18 árvores (1,92%), resultando em um decréscimo de 54 árvores, sugerindo degeneração da espécie.

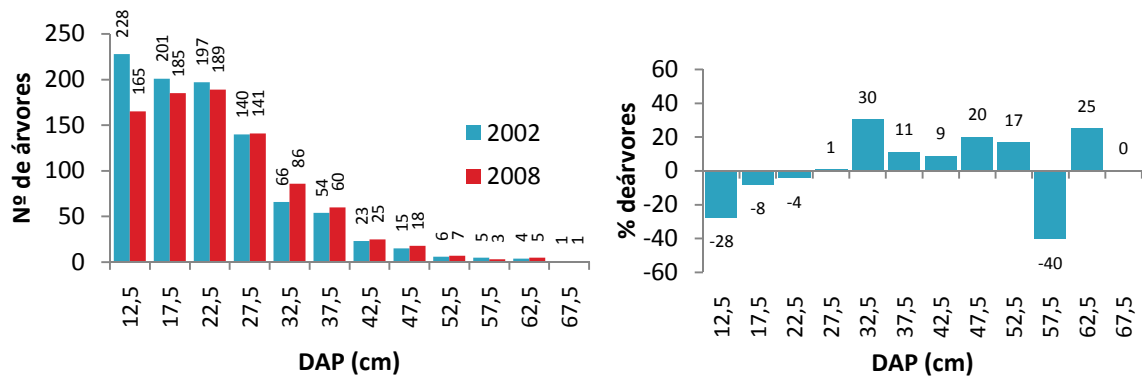
**Tabela 19.** - Dinâmica (mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso) da espécie *Nectandra grandiflora* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	228	26 (11,4)	202	147 (72,8)	18*	165
17,5	201	18 (9,0)	183	130 (71,0)	55 (27,2)	185
22,5	197	13 (6,6)	184	136 (73,9)	53 (29,0)	189
27,5	140	7 (5,0)	133	93 (69,9)	48 (26,1)	141
32,5	66	1 (1,5)	65	46 (70,8)	40 (30,1)	86
37,5	54	3 (5,6)	51	41 (80,4)	19 (29,2)	60
42,5	23	2(8,7)	21	15 (71,4)	10 (19,6)	25
47,5	15	0 (0,0)	15	12 (80,0)	6 (28,6)	18
52,5	6	0 (0,0)	6	4 (66,7)	3 (20,0)	7
57,5	5	1 (20,0)	4	1 (25,0)	2 (33,3)	3
62,5	4	1 (25,0)	3	2 (66,7)	3 (75,0)	5
<b>SOMA</b>	<b>938</b>	<b>72</b>	<b>867</b>	<b>627</b>	<b>257</b>	<b>884</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

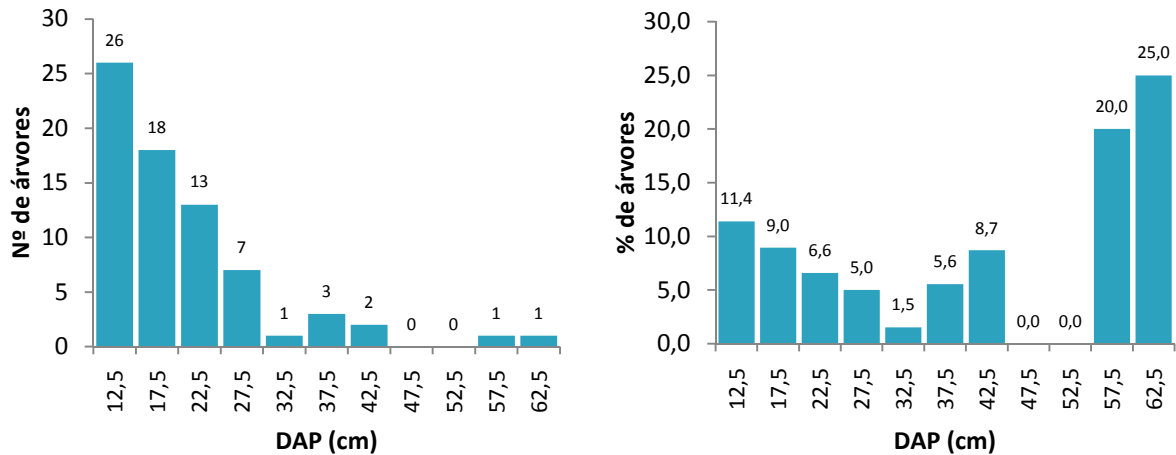
A Tabela 19 indica que a distribuição diamétrica da canela-amarela apresentava uma tendência decrescente em 2002, com grande número de árvores na primeira classe. A redução do número de árvores nesta classe em um período de 6 anos resultou na tendência em uma distribuição unimodal com assimetria positiva na distribuição de 2008 (Figura 22).



**Figura 22.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Nectandra grandiflora*.

Houve redução do número de árvores nas três primeiras classes e aumento do número destas nas classes intermediárias.

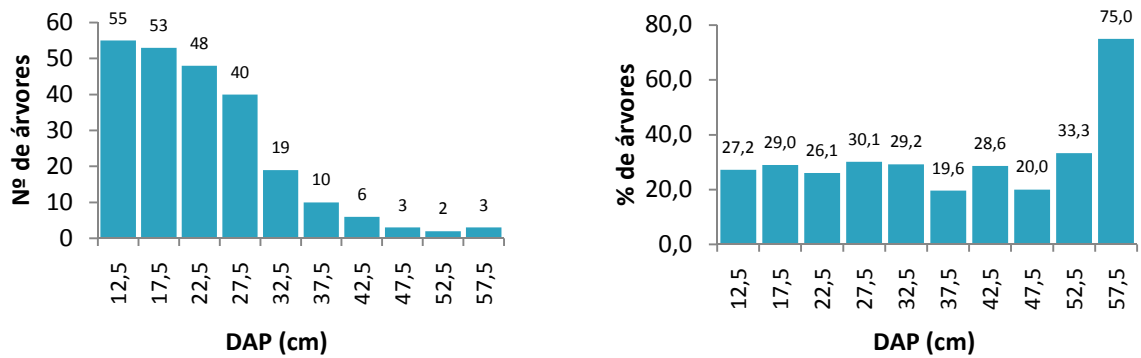
A Figura 23 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Nectandra grandiflora*.



**Figura 23.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Nectandra grandiflora*.

Em valores absolutos, a distribuição da mortalidade para a canela-amarela apresentou-se na forma decrescente, ocorrendo a morte de uma árvore nas duas últimas classes.

A Figura 24 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Nectandra grandiflora*.



**Figura 24.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Nectandra grandiflora*.

O número de árvores que avançaram para a classe superior também apresentou a forma decrescente (valores absolutos). Em termos relativos, a taxa de mudança apresentou regularidade em todas as espécies, com índices variando entre 19,6 % e 33%, exceto na última classe em que houve a movimentação de 3 árvores das 4 que havia na penúltima classe, resultando em uma taxa de 75%.

#### 5.6.2.5 *Ocotea porosa* (imbuia)

A mortalidade da imbuia foi de 9 árvores (1,86%) e o ingresso foi de 4 árvores (0,82%), resultando em um decréscimo de 5 árvores no intervalo de 6 anos. Seria difícil afirmar que a espécie está em processo degenerativo devido a redução de cinco árvores. Considerando a longevidade da espécie, poderia-se afirmar que a espécie apresenta bom balanço entre o ingresso e a mortalidade sugerindo boa perpetuação.

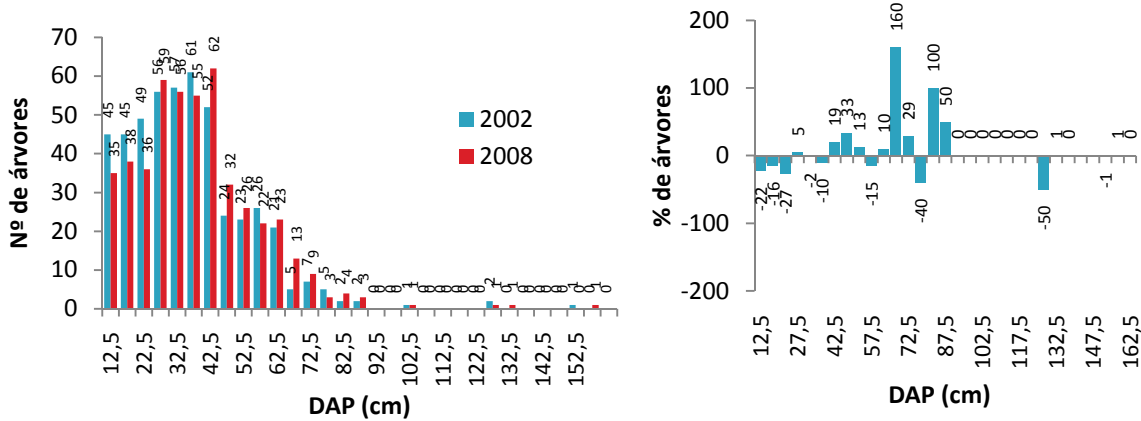
**Tabela 20.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ocotea porosa* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
12,5	45	1 (2,2)	44	31 (70,5)	4*	35
17,5	46	2 (4,3)	44	25 (56,8)	13 (29,5)	38
22,5	49	0 (0,0)	49	17 (34,7)	19 (43,2)	36
27,5	56	2 (3,6)	54	27 (50,0)	32 (65,3)	59
32,5	57	1 (1,8)	56	29 (1,8)	27 (50,0)	56
37,5	61	2 (3,3)	59	28 (47,5)	27 (48,2)	55
42,5	52	1 (1,9)	51	31 (60,8)	31 (52,5)	62
47,5	24	0 (0,0)	24	12 (50,0)	20 (39,2)	32
52,5	23	0 (0,0)	23	14 (60,9)	12 (50,0)	26
57,5	26	0 (0,0)	26	13 (50,0)	9 (39,1)	22
62,5	21	0 (0,0)	21	10 (47,6)	13 (50,0)	23
67,5	5	0 (0,0)	5	2 (40,0)	11 (52,4)	13
72,5	7	0 (0,0)	7	6 (85,7)	3 (0,0)	9
77,5	5	0 (0,0)	5	2 (40,0)	1 (14,3)	3
82,5	2	0 (0,0)	2	1 (50,0)	3 (60,0)	4
87,5	2	0 (0,0)	2	2 (100,0)	1 (50,0)	3
92,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
97,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
102,5	1	0 (0,0)	1	1 (100,0)	0 (0,0)	1
107,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
112,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
117,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
122,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
127,5	2	0 (0,0)	2	1 (50,0)	0 (0,0)	1
132,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (50,0)	1
137,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
142,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
147,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
152,5	1	0 (0,0)	1	0 (0,0)	0 (0,0)	0
157,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (100,0)	1
<b>SOMA</b>	<b>485</b>	<b>9</b>	<b>476</b>	<b>252</b>	228	<b>480</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

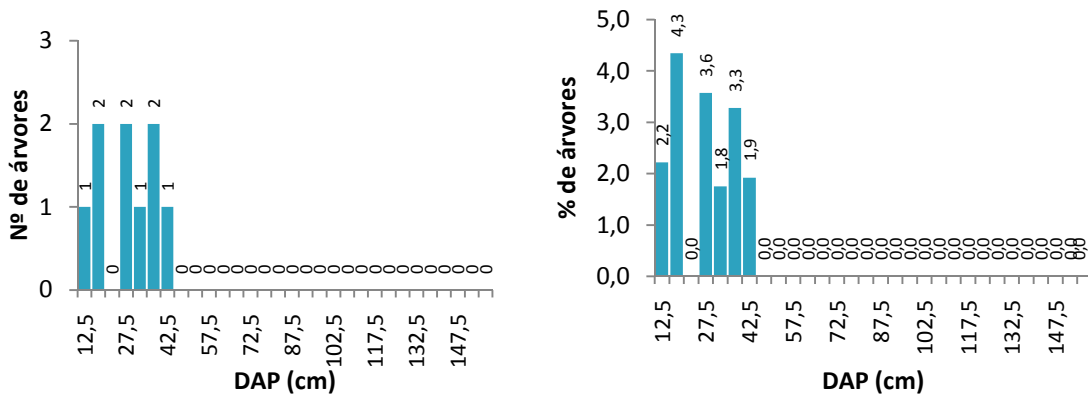
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

Verificou se uma maior redução do número de árvores nas 3 primeiras classes em valores absolutos. Em valores relativos houve um grande aumento do número de árvores nas classes intermediárias. Na classe de 65-70 cm houve aumento de 160% resultado do acréscimo de 5 para 13 árvores (Figura 25).



**Figura 25.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ocotea porosa*.

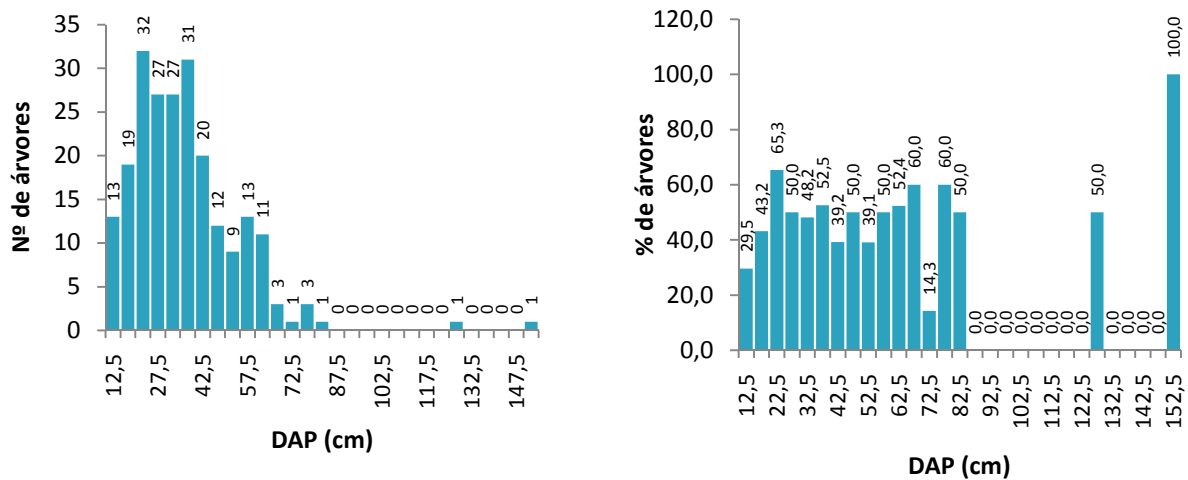
A Figura 26 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ocotea porosa*.



**Figura 26.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Ocotea porosa*.

A distribuição da mortalidade da imbuia apresentou a forma irregular com poucos representantes (máximo 2 árvores) nas classes diamétricas. A mortalidade foi verificada até a classe que compreende árvores com DAP entre 40-45 cm.

A Figura 27 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Ocotea porosa*.



**Figura 27.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Ocotea porosa*.

A distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou tendência à unimodalidade com assimetria positiva. Na análise em valores relativos verifica-se regularidade na taxa de mudança para classes superiores adjacentes para as classes acima de 21 árvores (até a classe das árvores com DAP entre 60-65 cm), com elevada taxa de mudança nas classes, ressaltando que, em algumas esta taxa superou a taxa de permanência (acima de 50%).

#### 5.6.2.6 *Casearia decandra* (guaçatunga-branca)

A mortalidade da guaçatunga-branca foi 129 árvores (14,32%) e de ingresso foi de 68 árvores (7,55%), e assim houve decréscimo de 61 árvores no período considerado indicando degeneração da espécie.

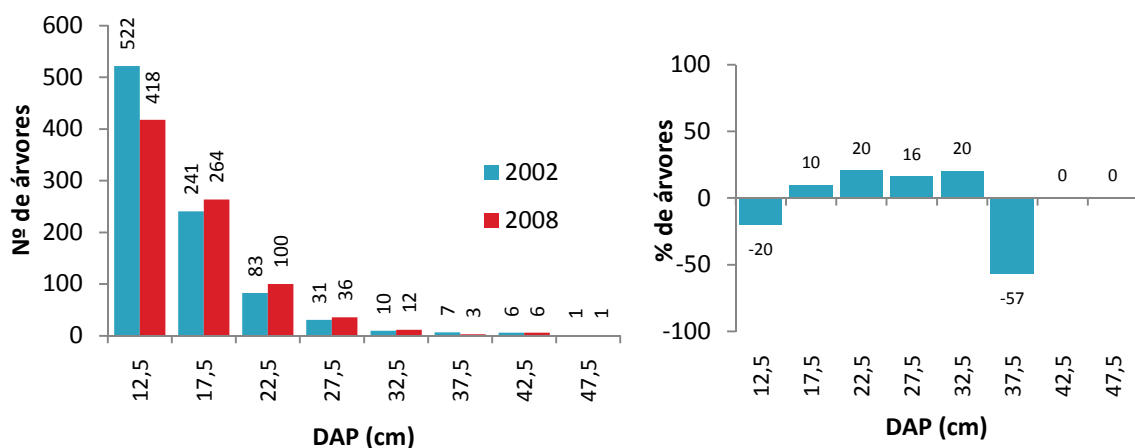
**Tabela 21.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Casearia decandra* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	522	78 (14,9)	444	350 (78,8)	68*	418
17,5	241	32 (13,3)	209	170 (81,3)	94 (21,2)	264
22,5	83	9 (10,8)	74	61 (82,4)	39 (18,7)	100
27,5	31	4 (12,9)	27	23 (85,2)	13 (17,6)	36
32,5	10	1 (10,0)	9	8 (88,9)	4 (14,8)	12
37,5	7	3 (42,9)	4	2 (50,0)	1 (11,1)	3
42,5	6	1 (16,7)	5	4 (80,0)	2 (50,0)	6
47,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	1 (20,0)	1
SOMA	<b>901</b>	<b>129</b>	<b>772</b>	<b>618</b>	<b>222</b>	<b>840</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

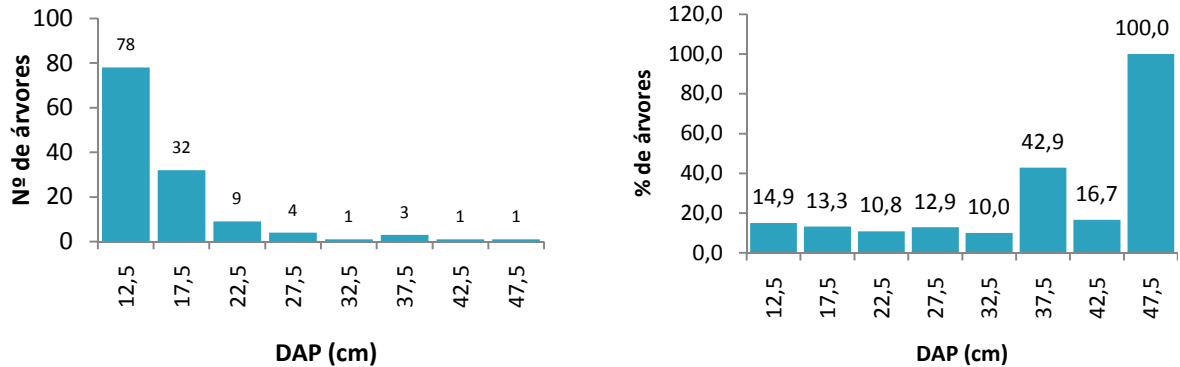
Observou-se que a distribuição diamétrica em ambas as ocasiões analisadas da guaçatunga-branca, apresentou-se na forma decrescente (Figura 28). Foi verificado redução do número de árvores na primeira classe em 20% do número de árvores inicial (2002) e aumento (que não ultrapassou 20%) nas classes superiores. Na classe que compreende árvores com DAP entre 35-40 cm ocorreu decréscimo de sete para três árvores



**Figura 28.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Casearia decandra*.

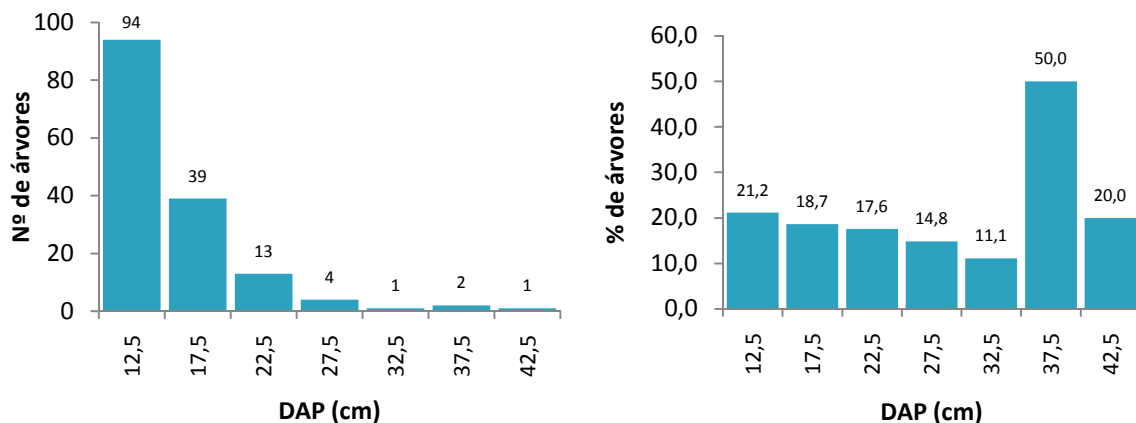
A distribuição da mortalidade em valores absolutos para a guaçatunga-branca apresentou-se na forma decrescente. Em valores relativos, a taxa de mortalidade oscilou entre

10 e 15% nas classes em que foi observado um número maior ou igual a 10 árvores (até 32,5 cm) (Figura 29).



**Figura 29.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Casearia decandra*.

Foi verificada distribuição decrescente para o número de árvores (valores absolutos) que avançaram para a classe superior (Figura 30).



**Figura 30.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Casearia decandra*.

Esta tendência (decrecente) também foi observada em valores relativos para as classes acima de 10 árvores, sugerindo um maior crescimento diamétrico nas primeiras classes e um declínio com o avanço destas.



### 5.6.2.7 *Cedrela fissilis* (cedro)

A mortalidade no período de 6 anos foi 14 árvores (3,63%) e o ingresso foi de 6 árvores (1,55%), resultando em um decréscimo de 8 árvores no período considerado. Poderia-se afirmar estabilidade no balanço entre ingresso e mortalidade, considerando o número de árvores inicial e a longevidade da espécie.

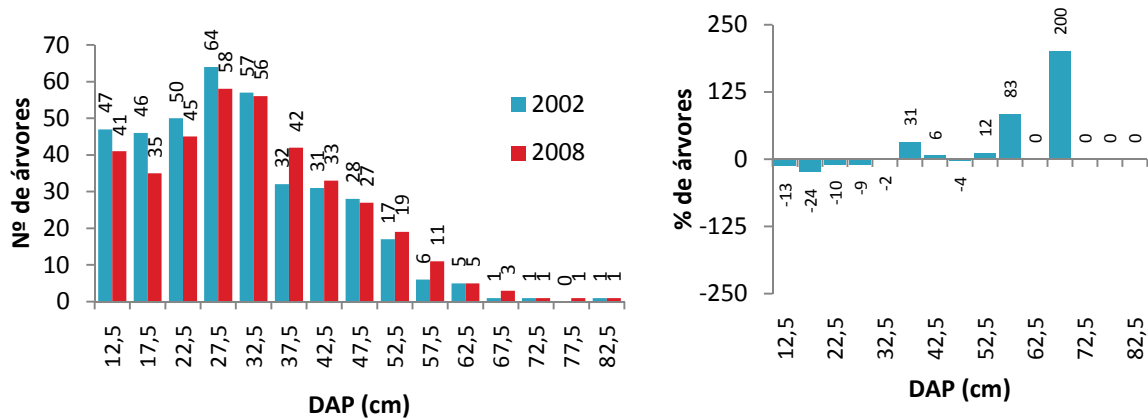
**Tabela 22.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Cedrela fissilis* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
12,5	47	4 (8,5)	43	35 (81,4)	6*	41
17,5	46	4 (8,7)	42	27 (64,3)	8 (18,6)	35
22,5	50	2 (4,0)	48	30 (62,5)	15 (35,7)	45
27,5	64	1 (1,6)	63	40 (63,5)	18 (37,5)	58
32,5	57	1 (1,8)	56	33 (58,9)	23 (36,5)	56
37,5	32	1 (3,1)	31	19 (61,3)	23 (41,1)	42
42,5	31	0 (0,0)	31	21 (67,7)	12 (38,7)	33
47,5	28	0 (0,0)	28	17 (60,7)	10 (32,3)	27
52,5	17	0 (0,0)	17	8 (47,1)	11 (39,3)	19
57,5	6	0 (0,0)	6	2 (33,3)	9 (52,9)	11
62,5	5	1 (20,0)	4	1 (25,0)	4 (66,7)	5
67,5	1	0 (0,0)	1	0 (0,0)	3 (75,0)	3
72,5	1	0 (0,0)	1	0 (0,0)	1 (0,0)	1
77,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (100,0)	1
82,5	1	0 (0,0)	1	1 (100,0)	0 (0,0)	1
<b>SOMA</b>	<b>386</b>	<b>14</b>	<b>372</b>	<b>234</b>	<b>144</b>	<b>378</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

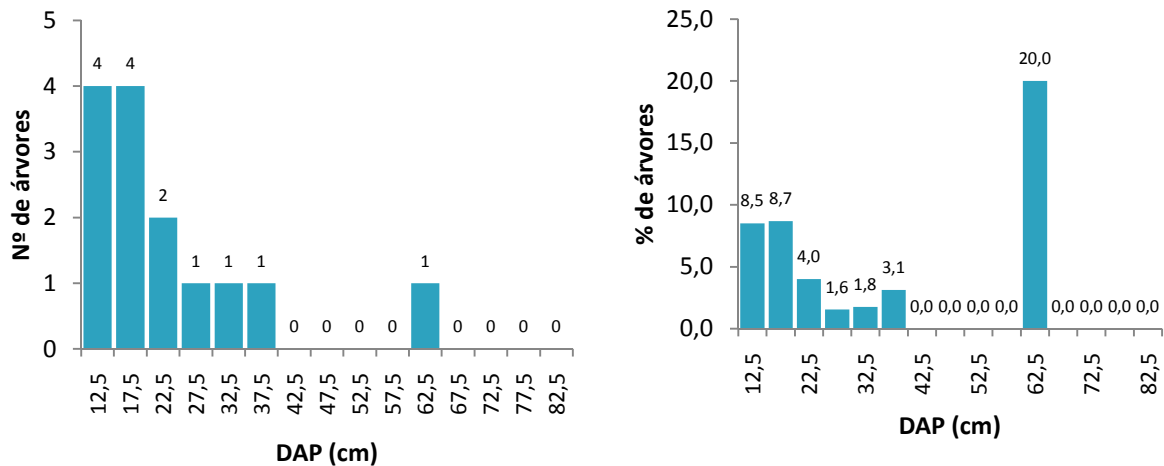
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A Figura 31 demonstra pequena redução do número de árvores nas 5 primeiras classes diamétricas. Na 6ª classe ocorreu o aumento de 10 árvores representando uma taxa de 31% de aumento. Houveram percentuais mais altos do aumento do número de árvores no período considerado nas classes mais avançadas, devido a baixa frequência.



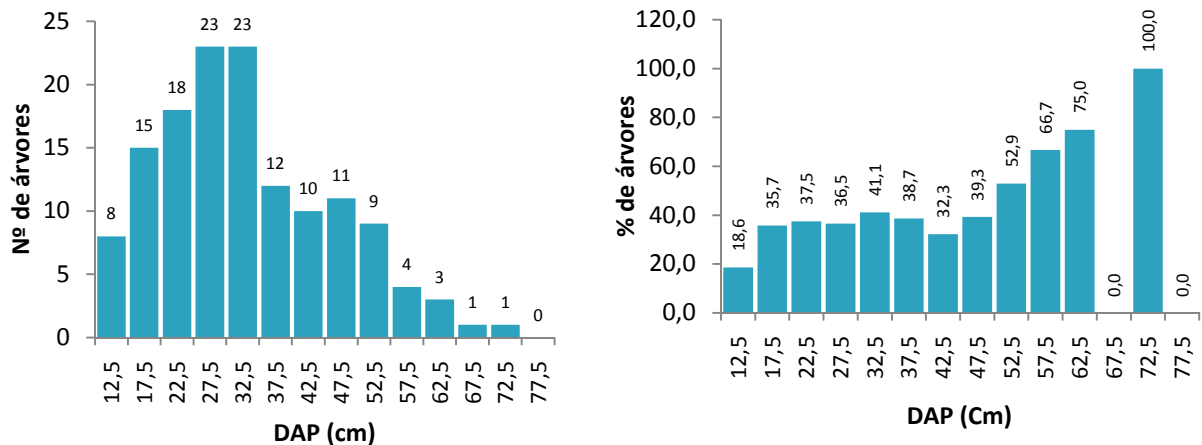
**Figura 31.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Cedrela fissilis*.

A distribuição da mortalidade em valores absolutos apresentou tendência decrescente, porém em valores relativos verificou-se que as duas primeiras classes apresentaram maiores taxas de mortalidade (8,5% e 8,7% respectivamente) (Figura 32).



**Figura 32.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Cedrela fissilis*.

A Figura 33 apresenta a distribuição do número de árvores que avançaram para as classes superiores em valores absolutos na forma unimodal com assimetria, a mesma forma encontrada para a distribuição diamétrica da espécie e diferente da distribuição observada para a mortalidade em valores absolutos, apresentando a forma decrescente.



**Figura 33.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Cedrela fissilis*.

Analisando-se a distribuição do número de árvores que se moveram para as classes superiores adjacentes em valores relativos (%) verificou-se uma tendência crescente, sugerindo que esta espécie apresenta elevada taxa de incremento diamétrico, mesmo nas classes diamétricas mais avançadas.

#### 5.6.2.8 *Ocotea puberula* (canela-guaicá)

A mortalidade da canela-guaicá foi 25 árvores (7,08%) e o ingresso foi de 1 árvore (0,28%), resultando em um decréscimo de 24 árvores no período considerado, indicando degeneração da espécie.

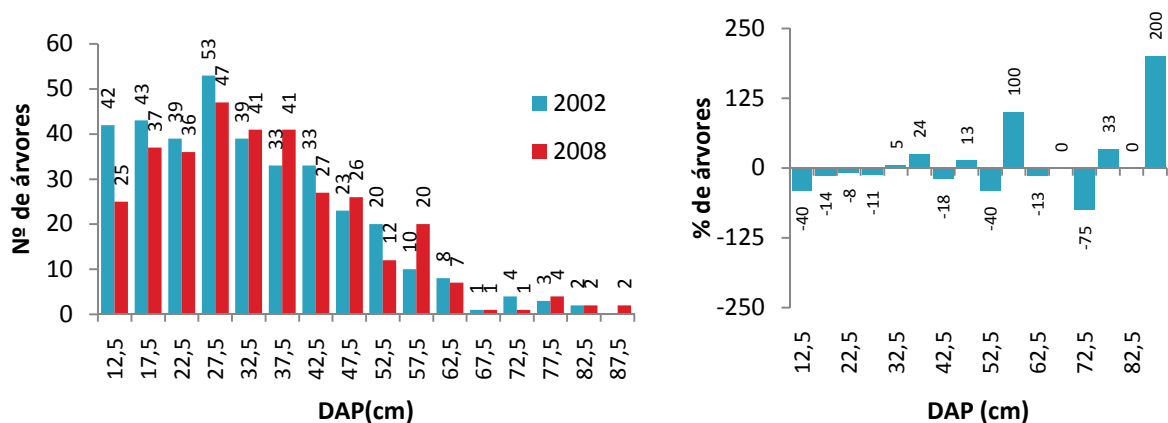
**Tabela 23.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ocotea puberula* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	42	1 (2,4)	41	24 (58,5)	1*	25
17,5	43	2 (4,7)	41	20 (48,8)	17 (41,5)	37
22,5	39	3 (7,7)	36	15 (41,7)	21 (51,2)	36
27,5	53	3 (5,7)	50	26 (52,0)	21 (58,3)	47
32,5	39	3 (7,7)	36	17 (47,2)	24 (48,0)	41
37,5	33	1 (3,0)	32	22 (68,8)	19 (52,8)	41
42,5	33	4 (12,1)	29	17 (58,6)	10 (31,3)	27
47,5	23	3 (13,0)	20	14 (70,0)	12 (41,4)	26
52,5	20	2 (10,0)	18	6 (33,3)	6 (30,0)	12
57,5	10	0 (0,0)	10	8 (80,0)	12 (66,7)	20
62,5	8	2 (25,0)	6	5 (83,3)	2 (20,0)	7
67,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	1 (16,7)	1
72,5	4	0 (0,0)	4	1 (25,0)	0 (0,0)	1
77,5	3	0 (0,0)	3	1 (33,3)	3 (75,0)	4
82,5	2	0 (0,0)	2	0 (0,0)	2 (66,7)	2
87,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	2 (100,0)	2
SOMA	<b>353</b>	<b>25</b>	<b>328</b>	<b>176</b>	<b>153</b>	<b>329</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

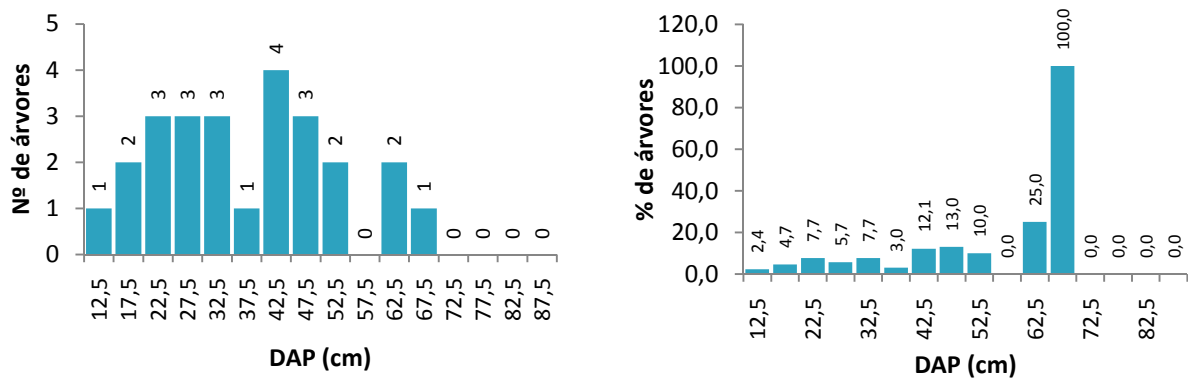
A Figura 34 demonstra redução acentuada do número de árvores na primeira classe (40%) ocasionada principalmente pela baixa (quase nula) taxa de ingresso de apenas 1 árvore. Foi verificado também grande alteração nas duas classes intermediárias que compreendem indivíduos entre 50 e 60 cm.



**Figura 34.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ocotea puberula*.

Para a classe com indivíduos com DAP entre 50-55 cm observou-se um decréscimo de 40% no número de árvores e na classe que compreende indivíduos entre 55-60 cm verificou-se aumento de 100% em relação à frequência observada em 2002.

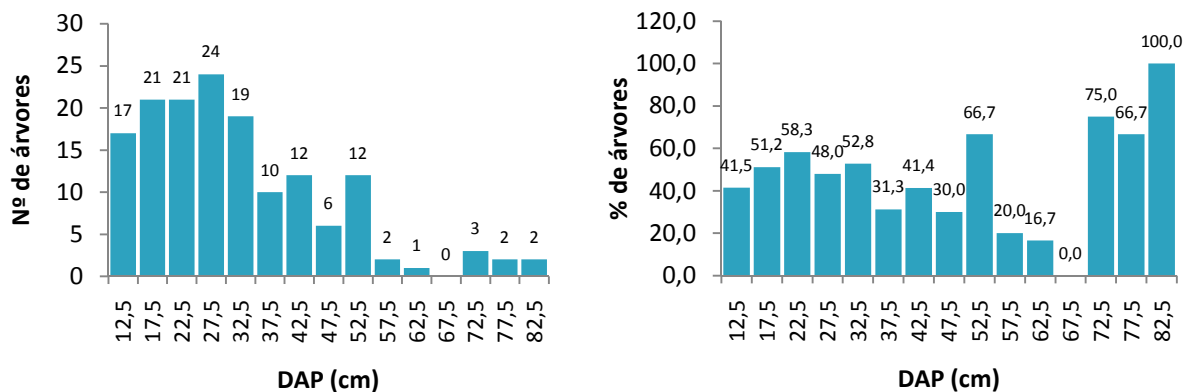
A Figura 35 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ocotea puberula*.



**Figura 35.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Ocotea puberula*.

A mortalidade em valores absolutos apresentou tendência unimodal com pouca mortalidade dentre as classes (máximo de 4 árvores). Em valores relativos a taxa de mortalidade não ultrapassou 13% para aquelas classes com mais de 20 árvores.

A Figura 36 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para a *Ocotea puberula*.



**Figura 36.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Ocotea puberula*.

A distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou tendência para a unimodalidade com assimetria. Analisando-se em valores percentuais, observa-se elevada taxa de mudança das árvores para classes superiores (de 30% a 66% para as classes com número maior ou igual a 20 árvores).

#### 5.6.2.9 *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado)

A mortalidade do miguel-pintado foi de 64 árvores (14,07%) e o ingresso foi de 4 árvores (0,88%), resultando em um decréscimo de 60 árvores, indicando forte tendência a degeneração da espécie.

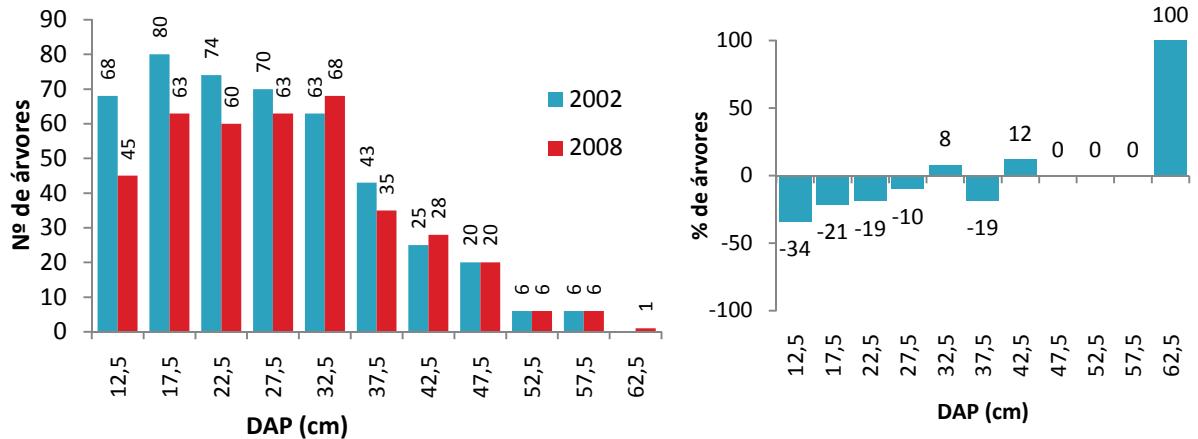
**Tabela 24.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Matayba elaeagnoides* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	68	10 (14,7)	58	41 (70,7)	4*	45
17,5	80	22 (27,5)	58	46 (79,3)	17 (29,3)	63
22,5	74	11 (14,9)	63	48 (76,2)	12 (20,7)	60
27,5	70	7 (10,0)	63	48 (76,2)	15 (23,8)	63
32,5	63	5 (7,9)	58	53 (91,4)	15 (23,8)	68
37,5	43	3 (7,0)	40	30 (75,0)	5 (8,6)	35
42,5	25	3 (12,0)	22	18 (81,8)	10 (25,0)	28
47,5	20	3 (15,0)	17	16 ((94,1)	4 (18,2)	20
52,5	6	0 (0,0)	6	5 (83,3)	1 (5,9)	6
57,5	6	0 (0,0)	6	5 (83,3)	1 (16,7)	6
62,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (16,7)	1
<b>SOMA</b>	<b>455</b>	<b>64</b>	<b>391</b>	<b>310</b>	<b>85</b>	<b>395</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

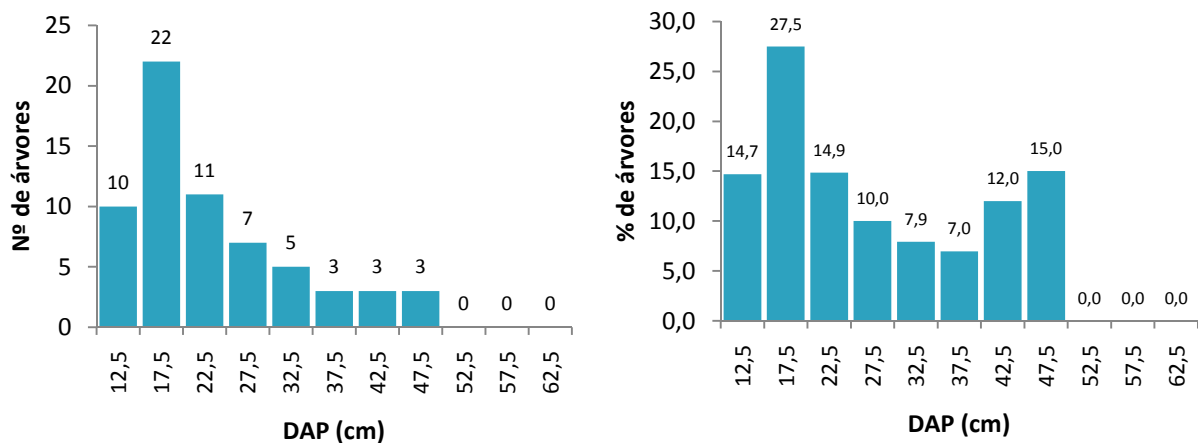
A baixa taxa de ingresso resultou em uma expressiva redução do número de árvores na primeira classe (34%), a maior dentre as classes diamétricas com mais de 20 árvores. Foi verificada redução também na 2ª, 3ª e 4ª e 6ª classes, porém esta redução não foi maior do que 21% (Figura 37).



**Figura 37** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Matayba elaeagnoides*.

A tendência da distribuição da mortalidade em valores absolutos ou relativos apresentou-se de maneira semelhante, na forma unimodal com assimetria positiva, a mesma identificada na distribuição diamétrica da espécie.

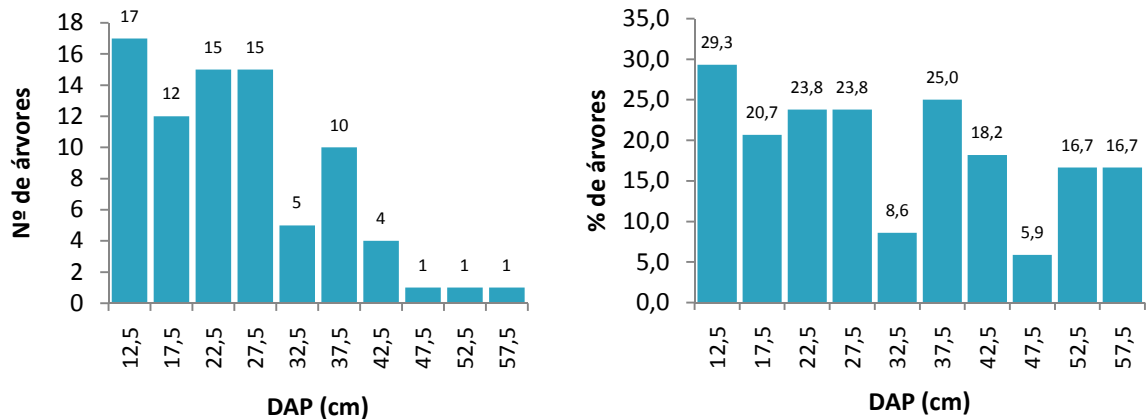
A Figura 38 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ocotea puberula*.



**Figura 38.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Matayba elaeagnoides*.

Verificou-se ocorrência de uma grande mortalidade na 2ª classe (acima de 27%), sem uma justificativa concreta. Mortalidade inferior (próximo a 15%) foi observada na 1ª e na 3ª classes. Nenhuma árvore morreu com DAP acima de 50 cm.

A Figura 39 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Matayba elaeagnoides*.



**Figura 39.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Matayba elaeagnoides*.

A distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou tendência decrescente em valores absolutos, diferente da apresentada para a distribuição diamétrica da espécie, onde a distribuição se apresentou na forma unimodal com assimetria. O maior percentual foi observado na 1ª classe, porém este não ultrapassou 30%.

#### 5.6.2.10 *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia)

A mortalidade no período de 6 anos para a canela-imbuia foi 23 árvores (5,36%) e o ingresso foi de 37 árvores (8,62%), resultando em um aumento de 14 árvores sugerindo boa perpetuação da espécie.

Verificou-se que a distribuição diamétrica em ambas as ocasiões se apresentou na forma decrescente com aumento de árvores na 1ª classe, resultado de uma efetiva taxa de ingresso (maior que a de mortalidade) (Figura 40).



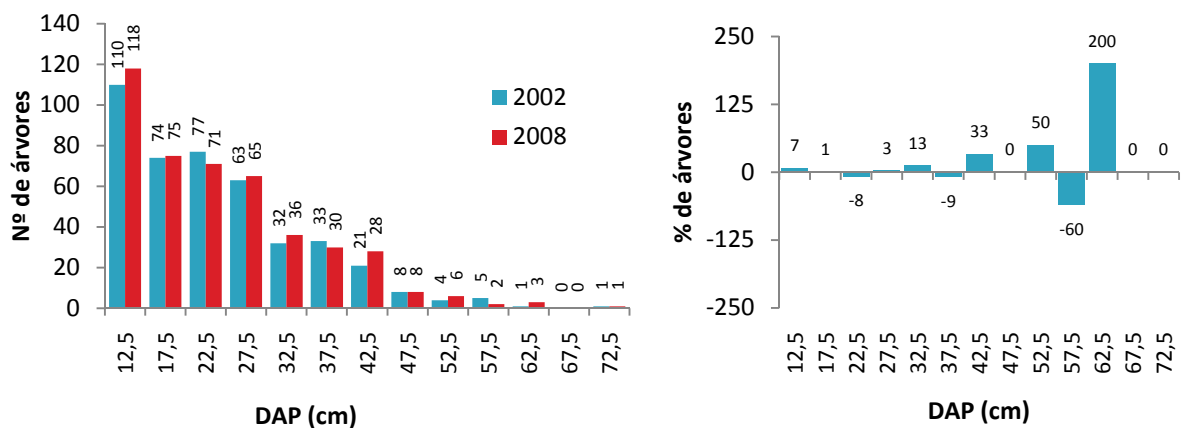
**Tabela 25.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Nectandra megapotamica* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	110	4 (3,6)	106	81 (76,4)	37 *	118
17,5	74	5 (6,8)	69	50 (72,5)	25 (23,6)	75
22,5	77	5 (6,5)	72	52 (72,2)	19 (27,5)	71
27,5	63	3 (4,8)	60	45 (75,0)	20 (27,8)	65
32,5	32	2 (6,3)	30	21 (70,0)	15 (25,0)	36
37,5	33	1 (3,0)	32	21 (65,6)	9 (30,0)	30
42,5	21	1 (4,8)	20	17 (85,0)	11 (34,4)	28
47,5	8	0(0,0)	8	5 (62,5)	3 (15,0)	8
52,5	4	0 (0,0)	4	3 (75,0)	3 (37,5)	6
57,5	5	2 (40,0)	3	1 (33,3)	1 (25,0)	2
62,5	1	0 (0,0)	1	1 (100,0)	2 (66,7)	3
67,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
72,5	1	0 (0,0)	1	1 (100,0)	0 (0,0)	1
<b>SOMA</b>	<b>429</b>	<b>23</b>	<b>406</b>	<b>298</b>	<b>145</b>	<b>443</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

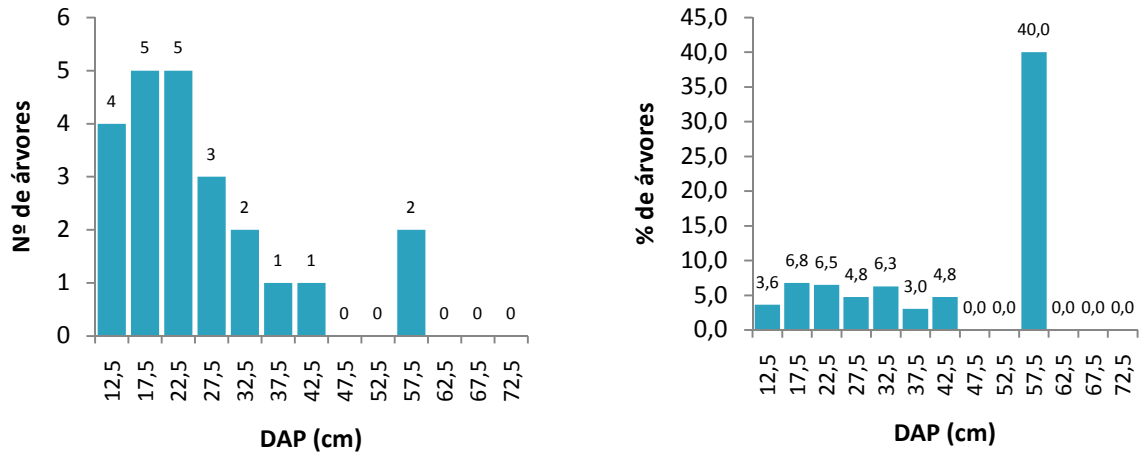
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

Considerando apenas as classes diamétricas com mais de 20 árvores a maior mudança verificada dentre as classes foi de 33%, na classe que compreende indivíduos entre 40-45 cm em que o número de árvores aumentou de 21 para 28 árvores.



**Figura 40.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Nectandra megapotamica*.

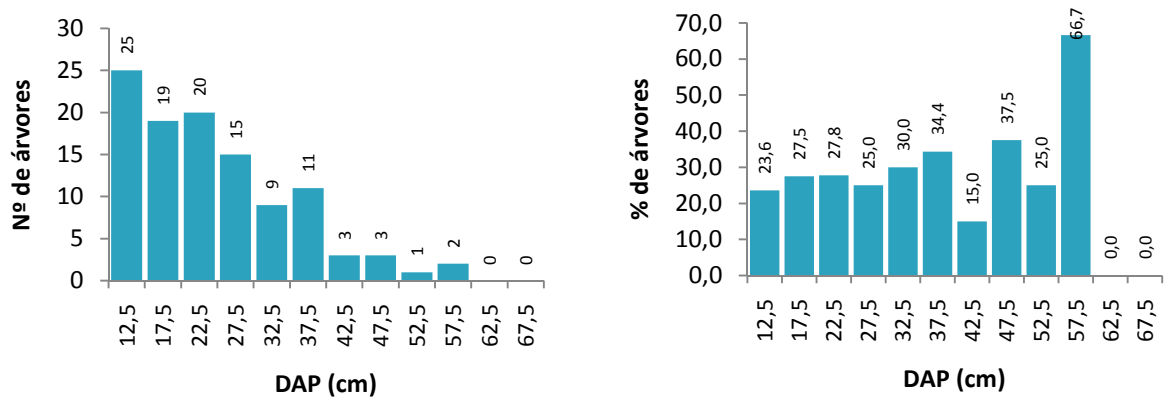
A distribuição da mortalidade das árvores em valores absolutos apresentou distribuição decrescente, porém em valores relativos foi verificada baixa taxa de mortalidade (máximo de 6,8%) para as classes com mais de 20 árvores (Figura 41).



**Figura 41.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Nectandra megapotamica*.

Assim como a distribuição de mortalidade e a diamétrica, a distribuição do número de árvores que avançou para a classe superior também apresentou tendência decrescente (valores absolutos).

A Figura 42 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Nectandra megapotamica*.



**Figura 42.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Nectandra megapotamica*.

Em valores relativos, a taxa de movimentação de árvores para classe superior se apresentou regular (entre 23 % e 35%) para as classes com mais de 30 árvores.

#### 5.6.2.11 *Coussarea contracta* (cinzeiro-preto)

A mortalidade no período de 6 anos para o cinzeiro-preto foi 58 árvores (11,62%) e o ingresso foi de 185 árvores (37,07%), resultando em um aumento de 127 indicando muito boa perpetuação para a espécie.

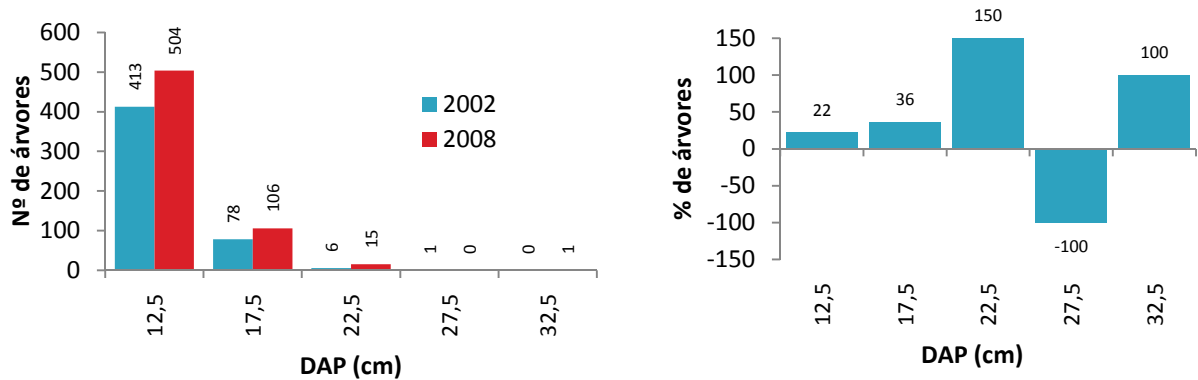
**Tabela 26.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Coussarea contracta* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	413	41 (9,9)	372	319 (85,8)	185*	504
17,5	78	15 (19,2)	63	53 (84,1)	53 (14,2)	106
22,5	6	1 (16,7)	5	5 (100,0)	10 (15,9)	15
27,5	2	1 (50,0)	1	0 (0,0)	0 (0,0)	0
32,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (100,0)	1
<b>SOMA</b>	<b>499</b>	<b>58</b>	<b>441</b>	<b>377</b>	<b>249</b>	<b>626</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

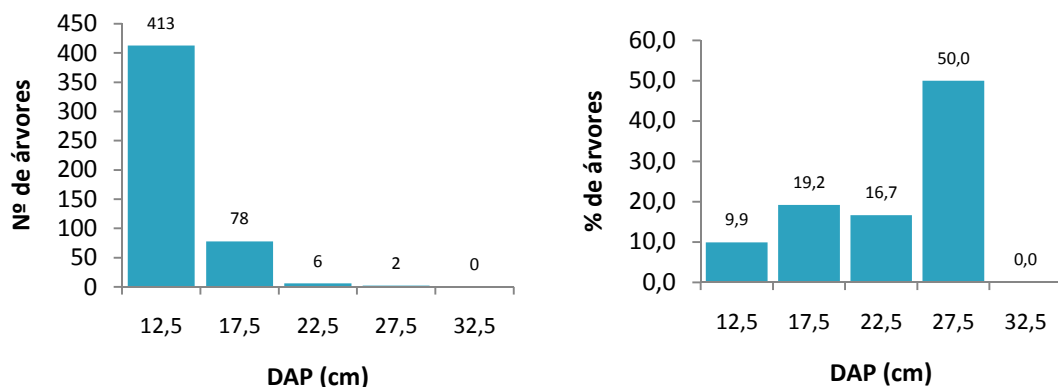
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A elevada taxa de ingresso da espécie resultou em um aumento do número de árvores na primeira classe. Dentre as 5 classes diamétricas, houve o aumento de 4 delas e na 3ª classe o aumento foi mais expressivo (150%) (Figura 43). Houve apenas redução de árvores na 4ª classe, pois, das duas árvores que existiam nesta, uma morreu e a outra avançou para a classe superior, resultando em um decréscimo de 100%.



**Figura 43.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Coussarea contracta*.

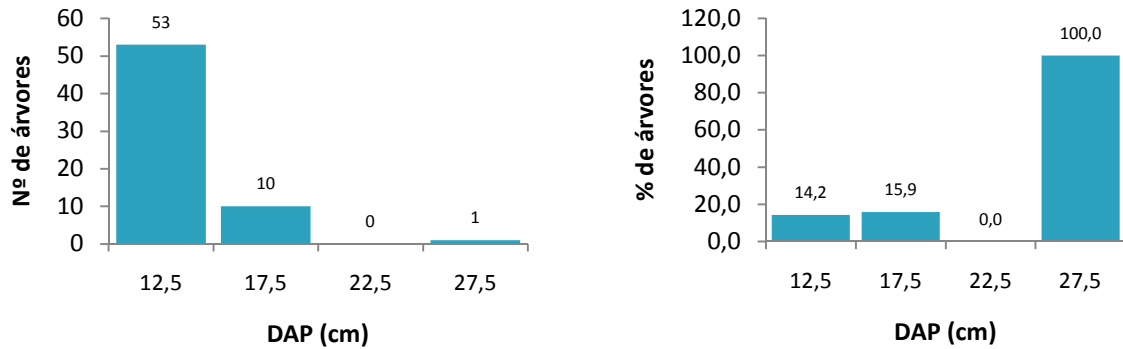
Em valores absolutos, a distribuição da mortalidade do cinzeiro-preto apresentou distribuição decrescente (Figura 44) com grande número de árvores mortas na primeira classe devido à alta frequência nesta classe (70% das árvores da espécie estão presentes na primeira classe)



**Figura 44.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Coussarea contracta*.

A análise da mortalidade para o cinzeiro-preto esteve mais focada nas 2 primeiras classes, devido estas apresentarem frequência acima de 10 árvores. Juntas, as 2 primeiras classes representam 96,6% da frequência observada pra toda a espécie. Em valores relativos, foi verificada maior taxa de mortalidade na 2ª classe (19,2%). O alto índice de mortalidade encontrado na penúltima classe (50%) é resultante de 1 árvore morta dentre as 2 que estavam presentes no início do período de avaliação.

A Figura 45 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Coussarea contracta*.



**Figura 45.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Coussarea contracta*.

A distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou distribuição decrescente em valores absolutos. Porém em valores relativos, para as duas primeiras classes, o percentual não ultrapassou 16%.

Verifica-se que a espécie tem a característica de não apresentar indivíduos de grande porte (alto DAP).

#### 5.6.2.12 *Myrsine umbellata* (capororocão)

A mortalidade do capororocão foi de 121 árvores (20,79%) e o ingresso foi de 25 árvores (4,30%), resultando em um decréscimo de 96 árvores, indicando degeneração da espécie.

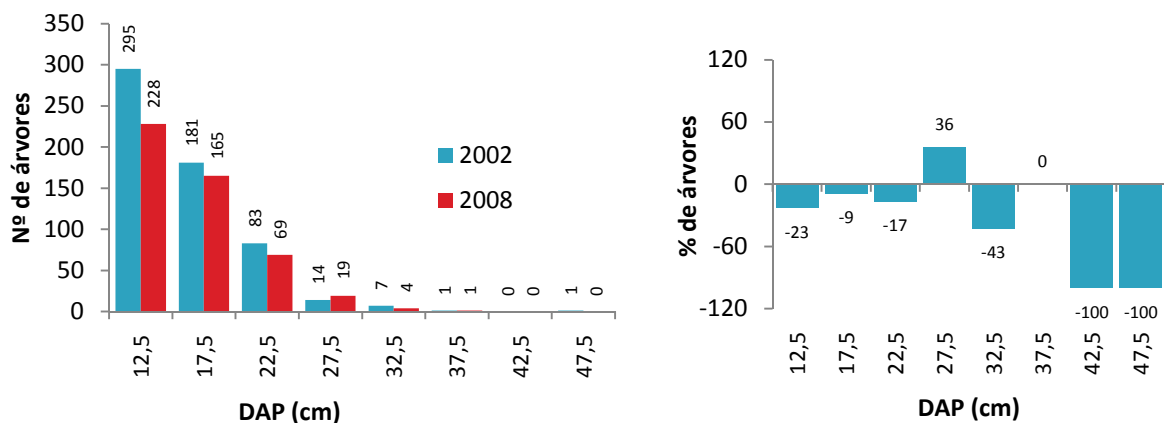
**Tabela 27.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Myrsine umbellata* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	295	60 (20,3)	235	203 (86,4)	25*	228
17,5	181	35 (19,3)	146	133 (91,1)	32 (13,6)	165
22,5	83	18 (21,7)	65	56 (86,2)	13 (8,9)	69
27,5	14	4 (28,6)	10	10 (100,0)	9 (13,8)	19
32,5	7	2 (28,6)	5	4 (80,0)	0 (0,0)	4
37,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	1 (20,0)	1
42,5	0	0 (0,0)	0	0 (100,0)	0 (0,0)	0
47,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
<b>SOMA</b>	<b>582</b>	<b>121</b>	<b>461</b>	<b>406</b>	<b>80</b>	<b>486</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

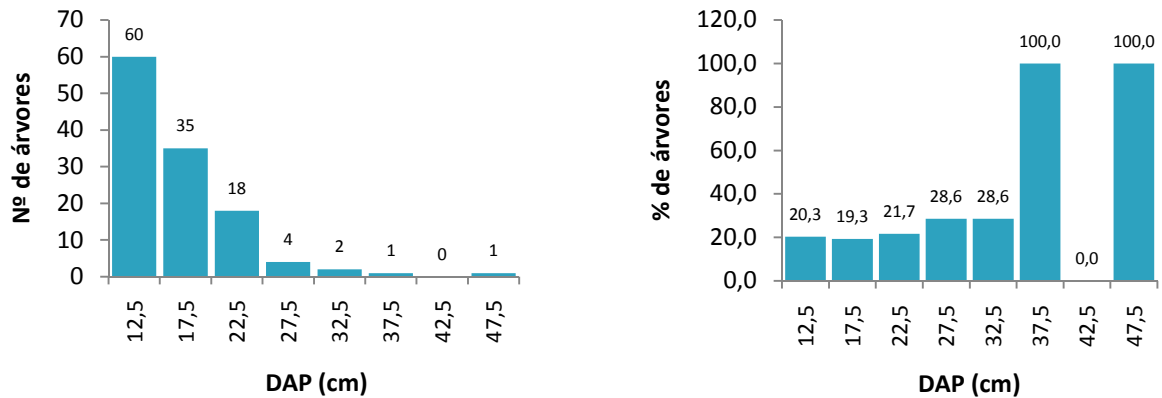
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A distribuição diamétrica do capororocão apresentou a forma decrescente para os levantamentos de 2002 e 2008 (Figura 46). Verificou-se redução do número de árvores nas três primeiras classes que apresentaram número de árvores maior que 80. Na quarta classe, cuja frequência foi de 14 árvores em 2002, ocorreu o acréscimo de 5 árvores, resultando em um aumento de 36% nesta classe.



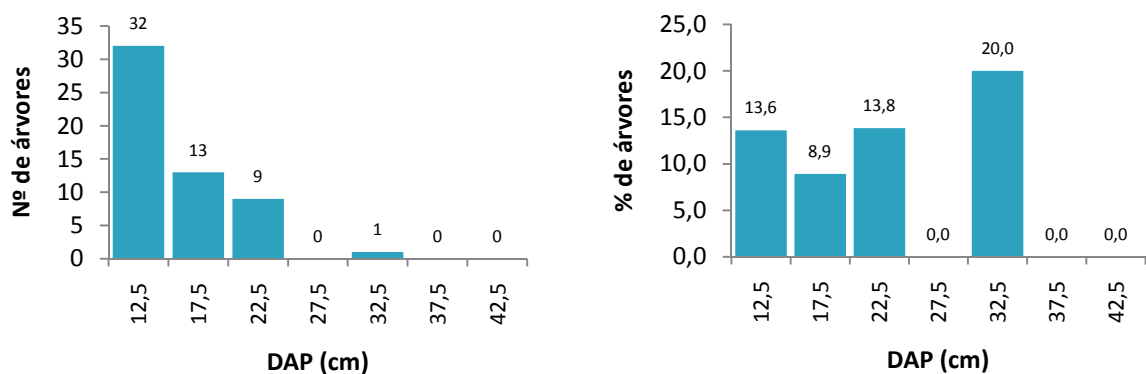
**Figura 46.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Myrsine umbellata*.

A taxa de mortalidade para o capororocão em valores relativos apresentou constância nas três primeiras classes (entre 19,3% e 21,7%) na 4ª e na 5ª, mesmo com baixa frequência (14 e 7 árvores respectivamente), o índice não aumentou muito e apresentou taxa de 28,6% para ambas as classes (Figura 47).



**Figura 47.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Myrsine umbellata*.

Em valores absolutos, a distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou-se na forma decrescente, assim como a distribuição da mortalidade em valores absolutos e a distribuição diamétrica da espécie (Figura 48).



**Figura 48.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para a classe superior (%) para *Myrsine umbellata*.

Em valores relativos, a taxa de permanência nas classes foi bem maior à taxa de árvores que avançaram para a classe superior. Na 1ª e 3ª classes, o percentual de árvores que avançaram apresentou valores próximos a 13%. Na 2ª classe, o percentual foi de 8,9%.

### 5.6.2.13 *Capsicodendron dinisii* (pimenteira)

A mortalidade da pimenteira foi de 56 árvores (15,47%) e o ingresso foi de 11 árvores (3,04%), resultando em um decréscimo de 45 árvores no intervalo de 6 anos, sugerindo degeneração da espécie.

**Tabela 28.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Capsicodendron dinisii* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

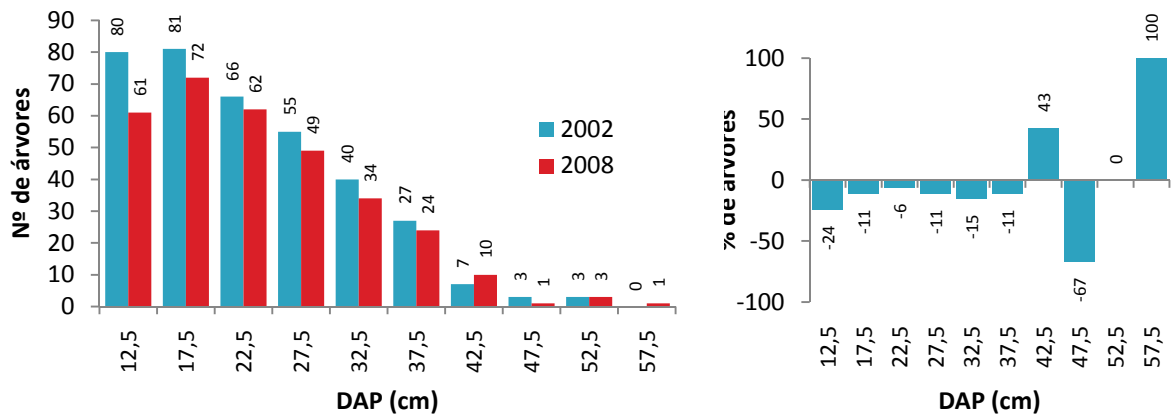
<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
12,5	80	15 (18,8)	65	50 (76,9)	11*	61
17,5	81	10 (12,3)	71	57 (80,3)	15 (23,1)	72
22,5	66	8 (12,1)	58	48 (82,8)	14 (19,7)	62
27,5	55	7 (12,7)	48	39 (81,3)	10 (17,2)	49
32,5	40	7 (17,5)	33	25 (75,8)	9 (18,8)	34
37,5	27	6 (22,2)	21	16 (76,2)	8 (24,2)	24
42,5	7	2 (28,6)	5	5 (100,0)	5 (23,8)	10
47,5	3	1 (33,3)	2	1 (50,0)	0 (0,0)	1
52,5	3	0 (0,0)	3	2 (66,7)	1 (50,0)	3
57,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	1 (33,3)	1
<b>SOMA</b>	<b>362</b>	<b>56</b>	<b>306</b>	<b>243</b>	<b>74</b>	<b>317</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A distribuição diamétrica da pimenteira no levantamento realizado em 2002 apresentou a forma decrescente com tendência para unimodalidade assimétrica. Na distribuição verificada em 2008, a unimodalidade com assimetria positiva tornou-se mais evidente devido à redução do número de árvores na primeira classe, resultado da baixa taxa de árvores ingressas (Figura 49).

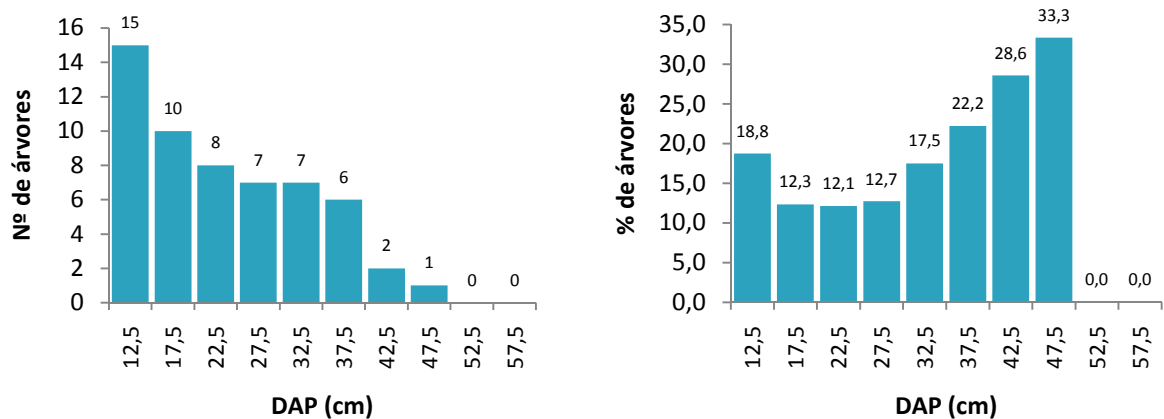




**Figura 49.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Capsicodendron dinisii*.

Foi verificado decréscimo do número de árvores nas 6 primeiras classes. Destas, a primeira classe teve redução mais expressiva (24%). Alguns percentuais maiores foram observados nas classes mais avançadas devido à baixa frequência (abaixo de 10 árvores).

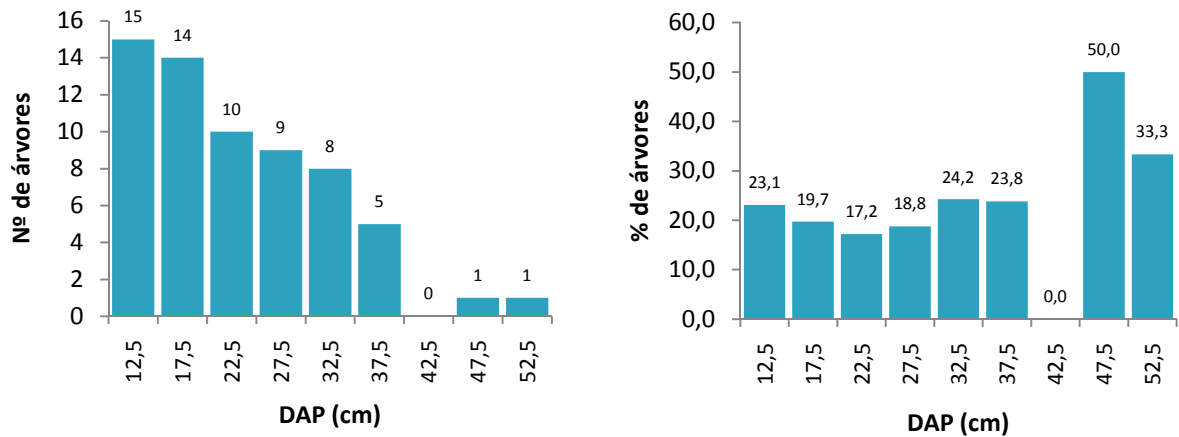
A Figura 50 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Capsicodendron dinisii*.



**Figura 50.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Capsicodendron dinisii*.

A distribuição da mortalidade em valores absolutos apresentou a forma decrescente. A morte de 5 árvores a mais na primeira classe quando comparada à segunda, é resultado da alta competição das árvores na fase inicial da planta. Foi observado um crescimento ascendente da taxa de mortalidade (%) nas classes mais avançadas, com menos de 30 árvores.

A Figura 51 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Capsicodendron dinisii*.



**Figura 51.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Capsicodendron dinisii*.

Em valores absolutos a distribuição das árvores que avançaram para a classe superior apresentou a forma decrescente. Em valores relativos, foi verificada certa regularidade na taxa de movimentação das árvores nas classes com mais de 25 árvores. Os percentuais oscilaram entre 17,2% e 24,2% nestas classes.

#### 5.6.2.14 *Ocotea diospyrifolia* (canela-pimenta)

A mortalidade da canela-pimenta foi 13 árvores (4,94%) e o ingresso foi de 24 árvores (9,13%), resultando em um aumento de 11 árvores, sugerindo boa perpetuação da espécie.

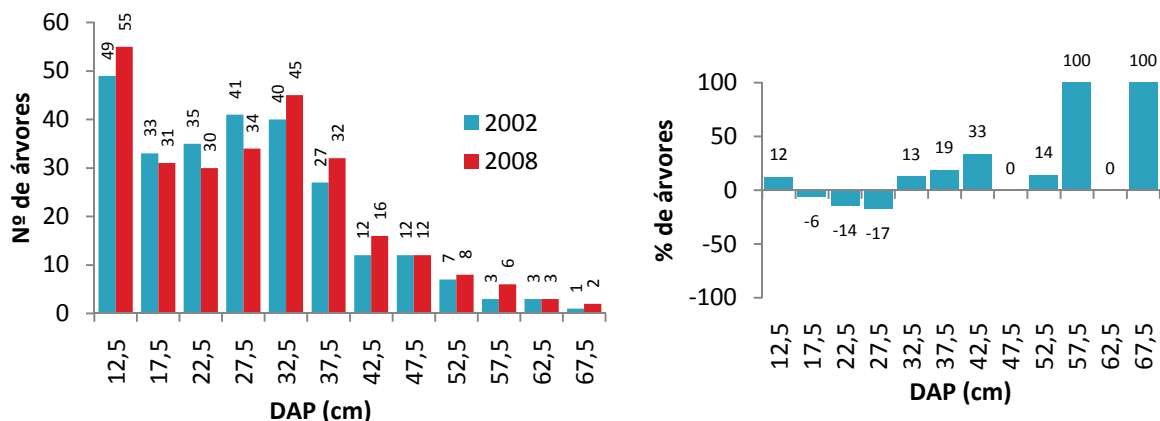
**Tabela 29.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ocotea diospyrifolia* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	49	7 (14,3)	42	31 (73,8)	24*	55
17,5	33	1 (3,0)	32	20 (62,5)	11 (26,2)	31
22,5	35	2 (5,7)	33	18 (54,5)	12 (37,5)	30
27,5	41	2 (4,9)	39	19 (48,7)	15 (45,5)	34
32,5	40	0 (0,0)	40	25 (62,5)	20 (51,3)	45
37,5	27	0 (0,0)	27	17 (63,0)	15 (37,5)	32
42,5	12	1 (8,3)	11	6 (54,5)	10 (37,0)	16
47,5	12	0 (0,0)	12	7 (58,3)	5 (45,5)	12
52,5	7	0 (0,0)	7	3 (42,9)	5 (41,7)	8
57,5	3	0 (0,0)	3	2 (66,7)	4 (57,1)	6
62,5	3	0 (0,0)	3	2 (66,7)	1 (33,3)	3
67,5	1	0 (0,0)	1	1 (0,0)	1 (33,3)	2
<b>SOMA</b>	<b>263</b>	<b>13</b>	<b>250</b>	<b>151</b>	<b>123</b>	<b>274</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

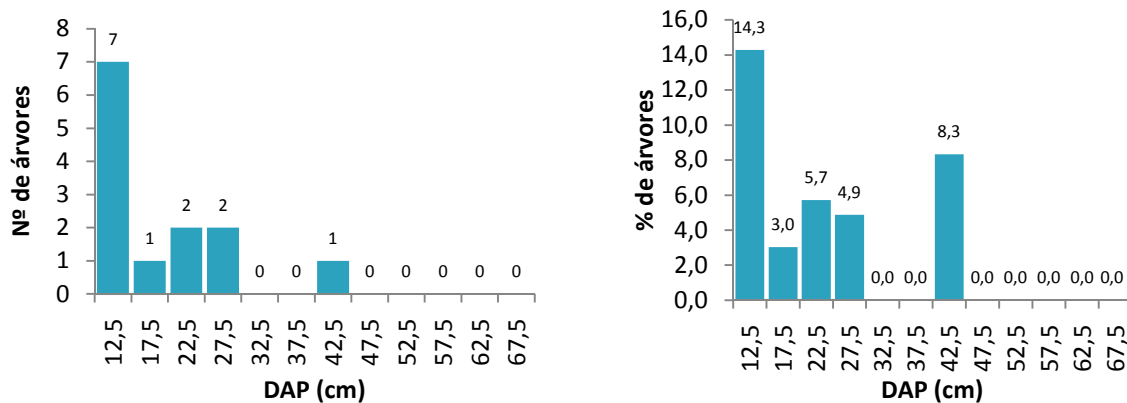
A distribuição diamétrica da canela-pimenta em ambos os levantamentos realizados, apresentou bimodalidade, com grande número de árvores na primeira classe, redução abrupta do número de árvores na classe seguinte com aumento gradativo até as classes intermediárias (2ª moda) e declínio gradativo do número de árvores nas classes superiores (Figura 52).



**Figura 52.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ocotea diospyrifolia*.

O aumento do número de árvores nas 2 classes modais e o decréscimo do número destas na 2ª, 3ª e 4ª classes, tornaram mais evidente a bimodalidade na distribuição diamétrica observada em 2008.

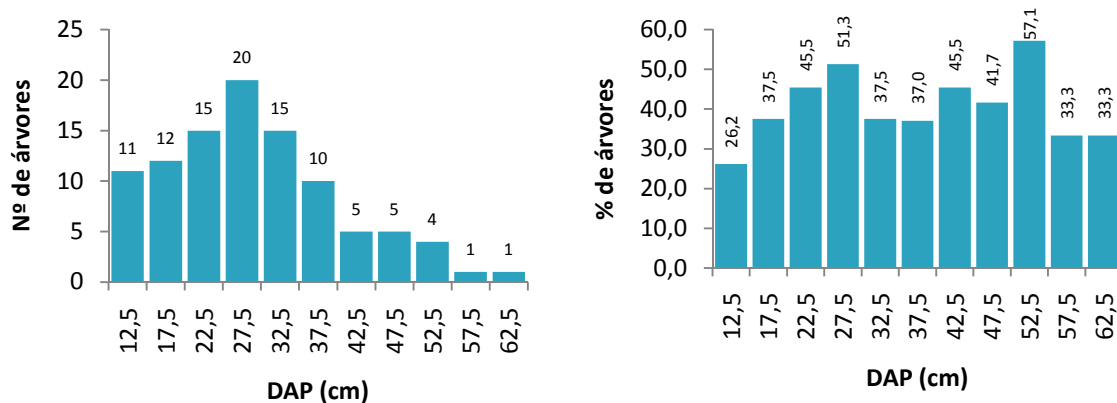
A Figura 53 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ocotea diospyrifolia*.



**Figura 53.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Ocotea diospyrifolia*.

Foi observada maior mortalidade na 1ª classe diamétrica (7 árvores ou 14,3%). Nas demais classes, a taxa de mortalidade não ultrapassou 8,3% indicando baixa mortalidade para a espécie. (máximo de 2 árvores por classe).

A Figura 54 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para a *Ocotea diospyrifolia*.



**Figura 54.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Ocotea diospyrifolia*.

A distribuição das árvores que avançaram para as classes superiores apresentou distribuição unimodal, cuja moda coincide com a classe com maior número de árvores em 2002. A distribuição em valores relativos apresentou regularidade na taxa de movimentação das árvores em todas as classes com grande avanço das árvores para as classes superiores. A taxa mínima foi na primeira classe que representou 26,2% sugerindo que esta espécie apresenta baixo incremento diamétrico nas fases jovens da planta. As maiores taxas foram verificadas nas classes intermediárias, em algumas delas a taxa de movimentação foi maior à de permanência (>50%), indicando que nestas ocorre o maior incremento em diâmetro

#### 5.6.2.15 *Casearia sylvestris* (guaçatunga-preta)

A mortalidade da guaçatunga-preta foi de 19 árvores (6,19%) e o ingresso foi de 68 árvores (22,15%), resultando em um aumento de 49 árvores, indicando boa perpetuação da espécie.

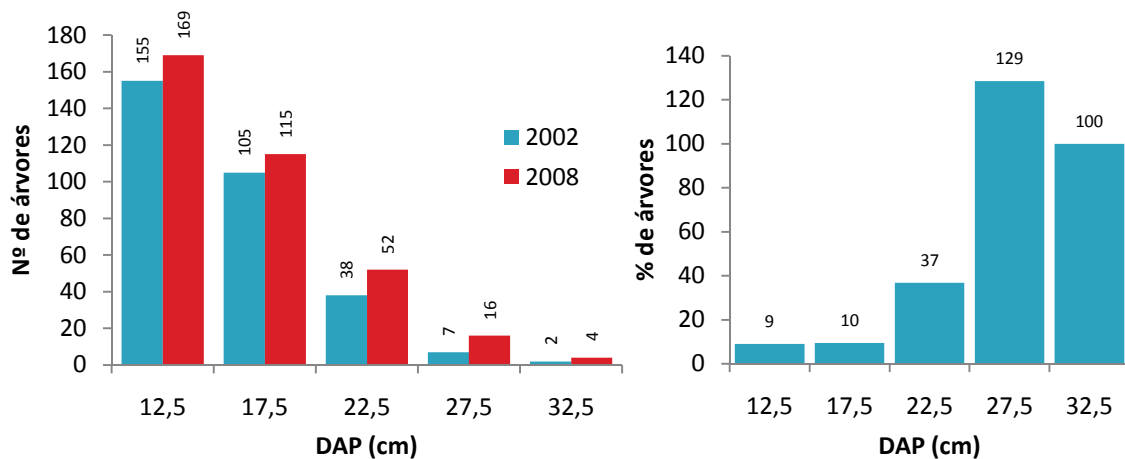
**Tabela 30.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Casearia sylvestris* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
12,5	155	7 (4,5)	148	101 (68,2)	68*	169
17,5	105	5 (4,8)	100	68 (68,0)	47 (31,8)	115
22,5	38	5 (13,2)	33	20 (60,6)	32 (32,0)	52
27,5	7	1 (14,3)	6	3 (50,0)	13 (39,4)	16
32,5	2	1 (50,0)	1	1 (100,0)	3 (50,0)	4
<b>SOMA</b>	<b>307</b>	<b>19</b>	<b>288</b>	<b>193</b>	<b>163</b>	<b>356</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

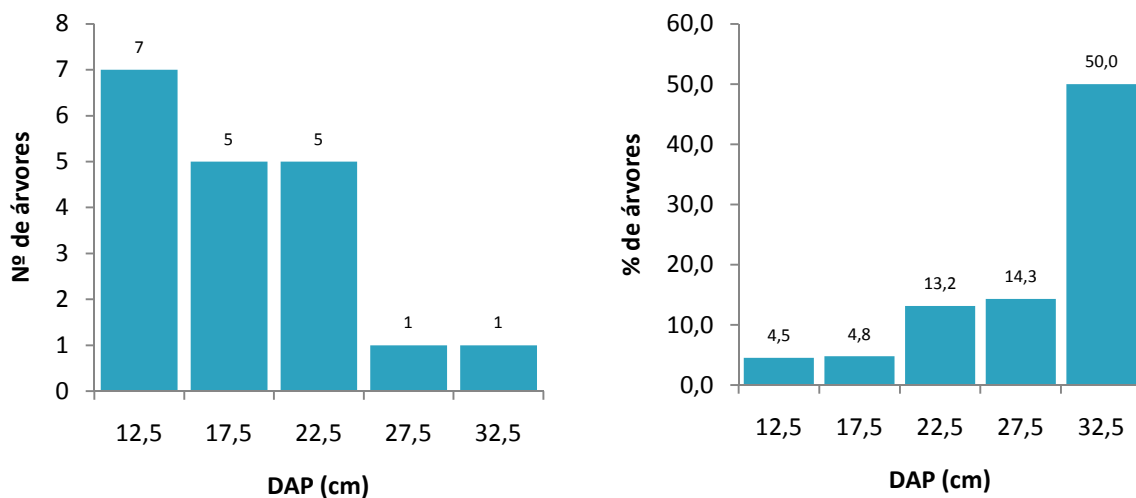
(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A distribuição diamétrica da guaçatunga-preta apresentou a forma decrescente em ambos os levantamentos feitos (2002 e 2008) com aumento do número de árvores em todas as classes diamétricas no período de 6 anos (Figura 55).



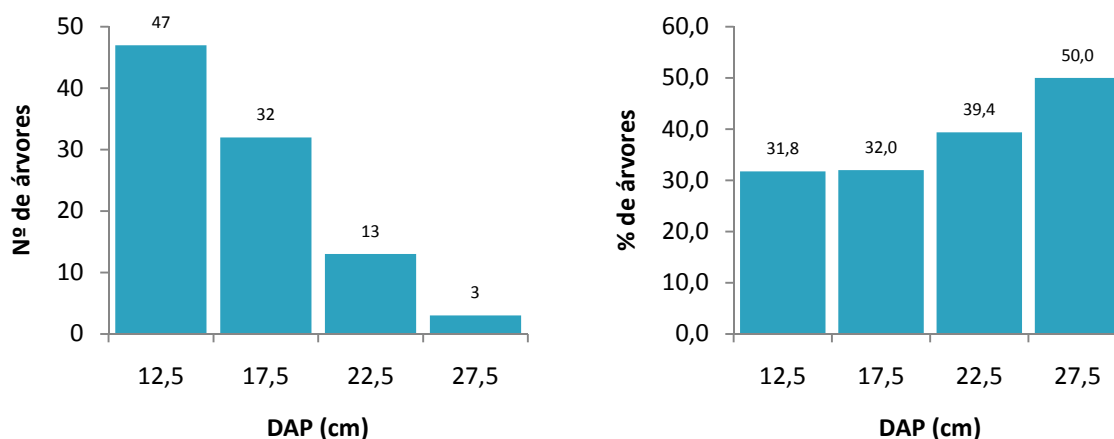
**Figura 55.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Casearia sylvestris*.

Foi verificada baixa mortalidade para a espécie nas duas primeiras classes com mais de 100 árvores em cada classe (4,5% e 4,8%). A alta taxa de mortalidade na última classe (50%) é justificada pela morte de 1 árvores dentre as 2 existentes em 2002 (Figura 56).



**Figura 56.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Casearia sylvestris*.

A distribuição do número de árvores que avançaram de classe apresentou a forma decrescente, assim como a mortalidade em valores absolutos e a distribuição diamétrica da espécie (Figura 57).



**Figura 57.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para a classe superior adjacente para a *Casearia sylvestris*.

A frequência relativa (Figura 57) indica regularidade (mais de 30% em todas as classes) na taxa de movimentação das árvores para classes superiores,

#### 5.6.2.16 *Prunus brasiliensis* (pessegueiro-bravo)

A mortalidade do pessegueiro-bravo foi 88 árvores (26,59%) e o ingresso foi de 30 árvores (9,06%), resultando em um decréscimo de 58 árvores no período de 6 anos, indicando degeneração da espécie.

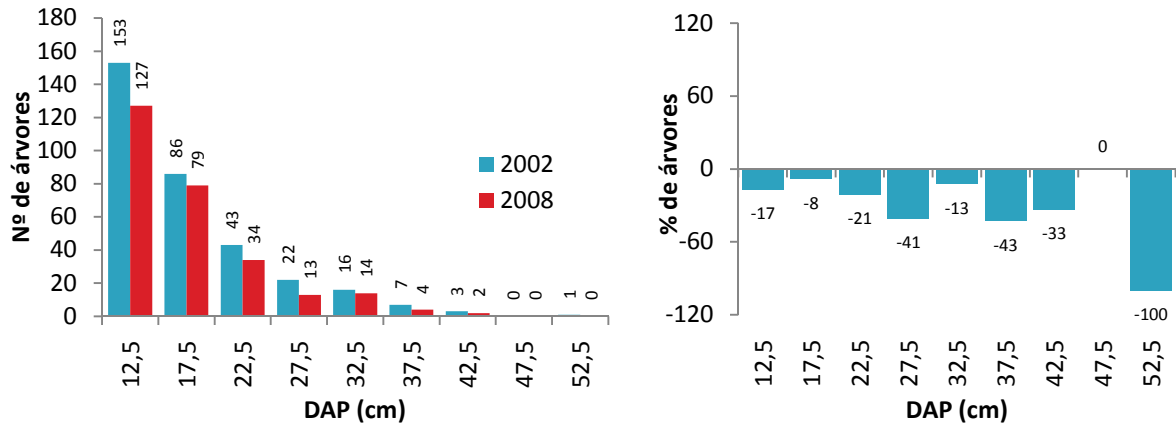
**Tabela 31.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Prunus brasiliensis* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	153	28 (18,3)	125	97 (77,6)	30*	127
17,5	86	23 (26,7)	63	51 ((81,0)	28 (22,4)	79
22,5	43	13 (30,2)	30	22 (73,3)	12 (19,0)	34
27,5	22	10 (45,5)	12	5 (41,7)	8 (26,7)	13
32,5	16	7 (43,8)	9	7 (77,8)	7 (58,3)	14
37,5	7	4 (57,1)	3	2 ((66,7)	2 (22,2)	4
42,5	3	2 (66,7)	1	1 (100,0)	1 (33,3)	2
47,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
52,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
<b>SOMA</b>	<b>331</b>	<b>88</b>	<b>243</b>	<b>185</b>	<b>88</b>	<b>273</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

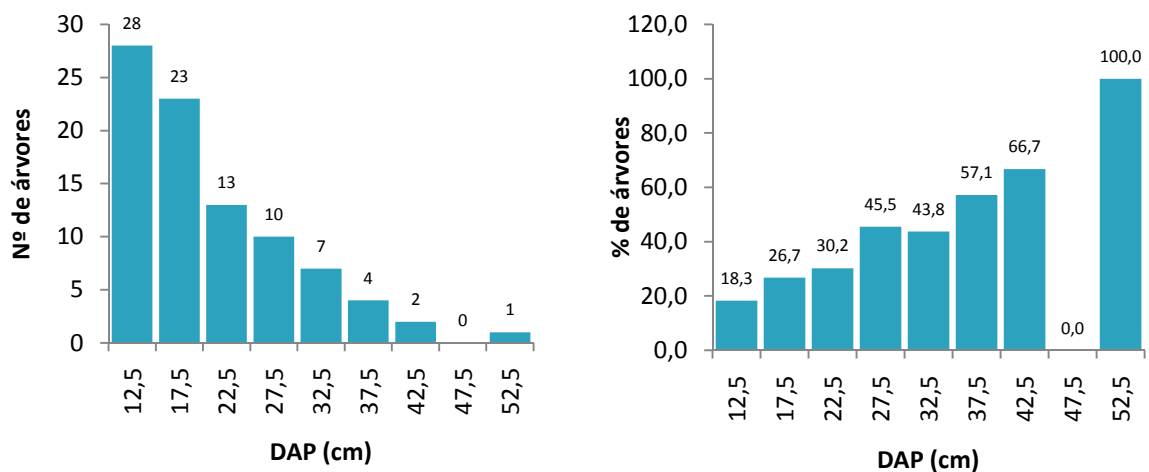
(1) Nº de árvores em 2002; (2) Nº de árvores mortas; (3) Nº de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) Nº de árvores que permaneceram na classe; (5) Nº de árvores que avançaram da classe anterior; (6) Nº de árvores em 2008 (4+5).

A distribuição diamétrica do pessegueiro-bravo apresentou a forma decrescente com decréscimo de árvores ao longo de 6 anos em todas as classes diamétricas (Figura 58).



**Figura 58.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Prunus brasiliensis*.

Foi verificada distribuição decrescente das árvores mortas em valores absolutos (Figura 59). Em valores relativos verificou-se aumento da mortalidade com o avanço das classes mesmo naquelas em que o número de árvores foi maior que 20 árvores (até a 4ª classe).

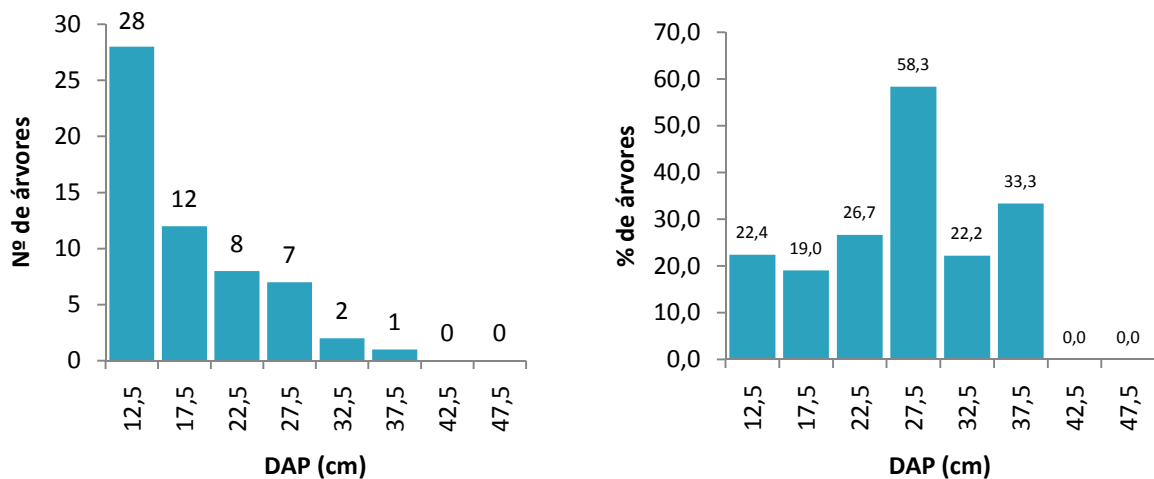


**Figura 59.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para *Prunus brasiliensis*.



Foi observada alta mortalidade na espécie em todas as classes. A mais expressiva é a classe que compreende árvores com DAP entre 25-30 cm, pois, das 22 árvores que haviam nesta classe em 2002, 10 morreram (45%).

A Figura 60 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Prunus brasiliensis*.



**Figura 60.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Prunus brasiliensis*.

A taxa de movimentação para classes superiores em valores absolutos apresentou distribuição decrescente, como verificada na distribuição diamétrica e na de mortalidade da espécie. Em valores relativos, foi observada certa regularidade nas 3 primeiras classes (com mais de 30 árvores) com índices variando entre 19% e 26,7%.

#### 5.6.2.17 *Ilex theezans* (caúna)

A mortalidade da caúna foi 55 árvores (17,30%) e o ingresso foi de 21 árvores (6,60%), resultando em um decréscimo de 34 árvores no período considerado indicando degeneração da espécie.

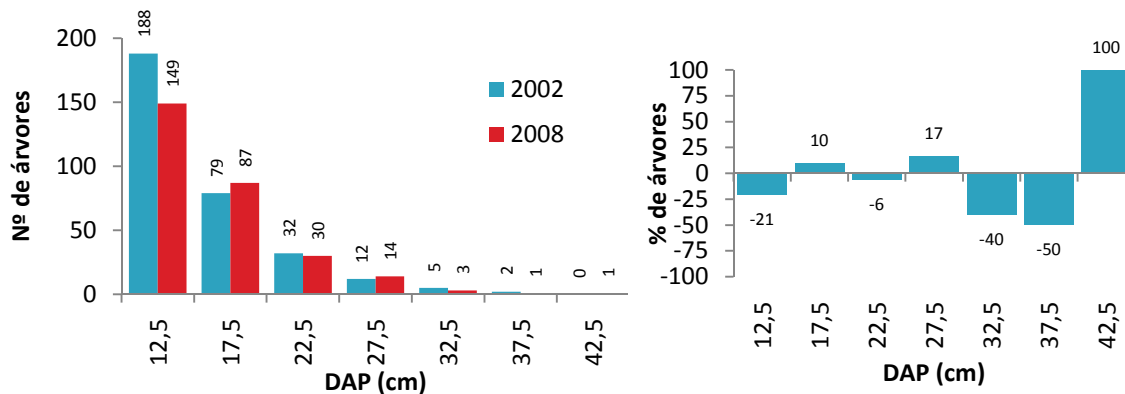
**Tabela 32.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Ilex theezans* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	188	32 (17,0)	156	128 (82,1)	21*	149
17,5	79	14 (17,7)	65	59 (90,8)	28 (17,9)	87
22,5	32	4 (12,5)	28	24 (85,7)	6 (9,2)	30
27,5	12	0 (0,0)	12	10 (83,3)	4 (14,3)	14
32,5	5	3 (60,0)	2	1 (50,0)	2 (16,7)	3
37,5	2	2 (100,0)	0	0 (0,0)	1 (50,0)	1
<b>SOMA</b>	<b>318</b>	<b>55</b>	<b>263</b>	<b>222</b>	<b>62</b>	<b>284</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

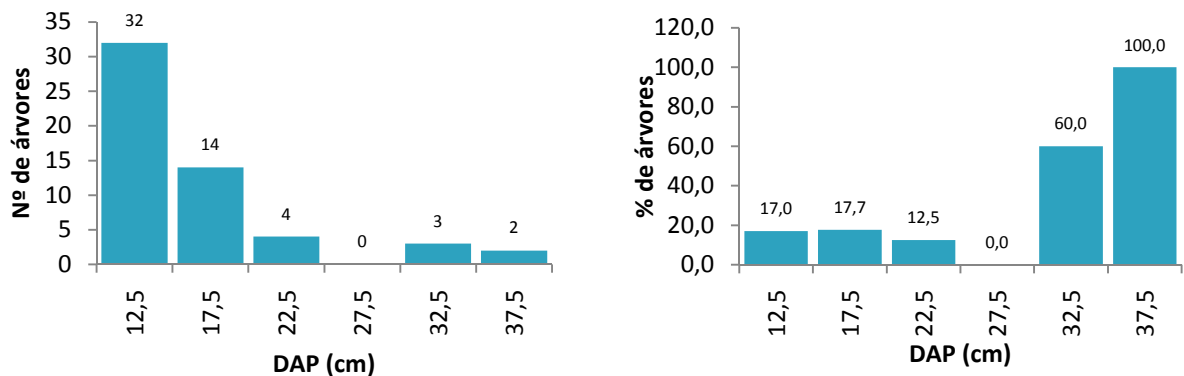
A distribuição diamétrica da caúna apresentou-se na forma decrescente. Não houve expressivas mudanças no período de 6 anos para o número de árvores nas classes. As maiores mudanças foram verificadas nas três últimas classes onde o número de árvores não passou de 15 (Figura 61).



**Figura 61.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Ilex theezans*.

Na 1ª e na 3ª classes foi verificada redução do número de árvores (21% e 6%, respectivamente) e na 2ª e 4ª classes, observou-se aumento destas (10% e 17%, respectivamente). Nas últimas classes foi verificada grande diferença em percentagem devido ao pequeno número de árvores nestas classes (menos de 10).

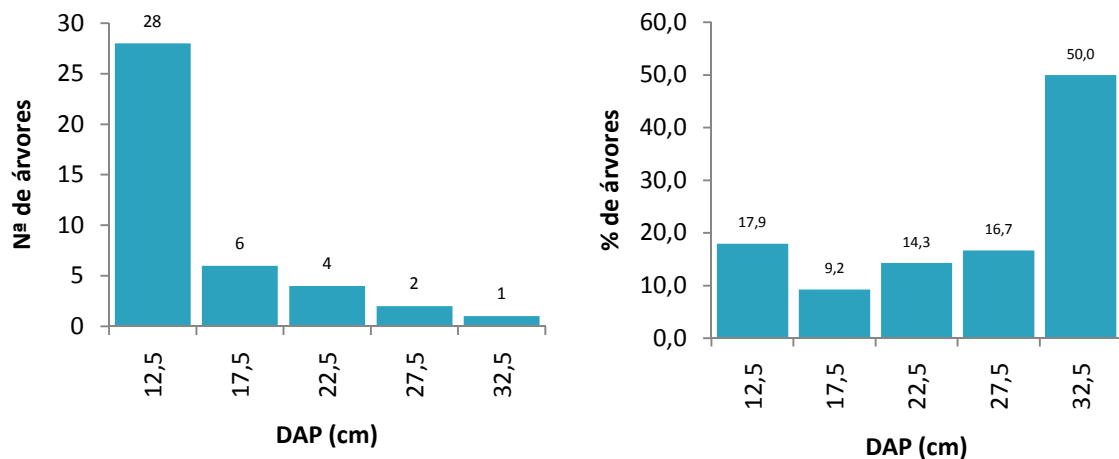
A Figura 62 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Ilex theezans*.



**Figura 62.** - Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Ilex theezans*.

A taxa de mortalidade nas classes com mais de 10 árvores variou entre 0% na 4ª classe (nenhuma árvore morta) e 17,7% na 2ª classe, nesta, 14 árvores morreram das 79 que havia.

A Figura 63 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Ilex theezans*.



**Figura 63.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para a classe superior (%) para *Ilex theezans*.

Analisando-se apenas as 4 primeiras classes (com mais de 10 árvores) verifica-se que a maior taxa de movimentação nas classes é na 1ª (17,9%) e a menor é na 2ª classe (9,2%) sugerindo rápido crescimento na primeira classe diamétrica (entre 10-15 cm).

#### 5.6.2.18 *Myrcia hebeptala* (caingá)

A mortalidade para a espécie caingá foi de 18 árvores (7,56%) e o ingresso foi de 64 árvores (26,89%), resultando em um aumento de 46 árvores, indicando boa perpetuação da espécie.

**Tabela 33.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Myrcia hebeptala* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

<b>Classes de DAP (cm)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
12,5	195	13 (6,7)	182	154 (84,6)	64*	218
17,5	36	4 (11,1)	32	29 (90,6)	28 (15,4)	57
22,5	5	1 (20,0)	4	4 (100,0)	3 (9,4)	7
27,5	2	0 (0,0)	2	0 (0,0)	0 (0,0)	0
32,5	0	0 (0,0)	0	0 (0,0)	2 (100,0)	2
<b>SOMA</b>	<b>238</b>	<b>18</b>	<b>220</b>	<b>187</b>	<b>97</b>	<b>284</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

A distribuição diamétrica do caingá demonstra a curta longevidade da espécie, visto que, 97% das árvores estão presentes nas 2 primeiras classes diamétricas (até 20 cm). A distribuição da espécie apresentou-se na forma decrescente com aumento do número de árvores nas 3 primeiras classes (Figura 64).

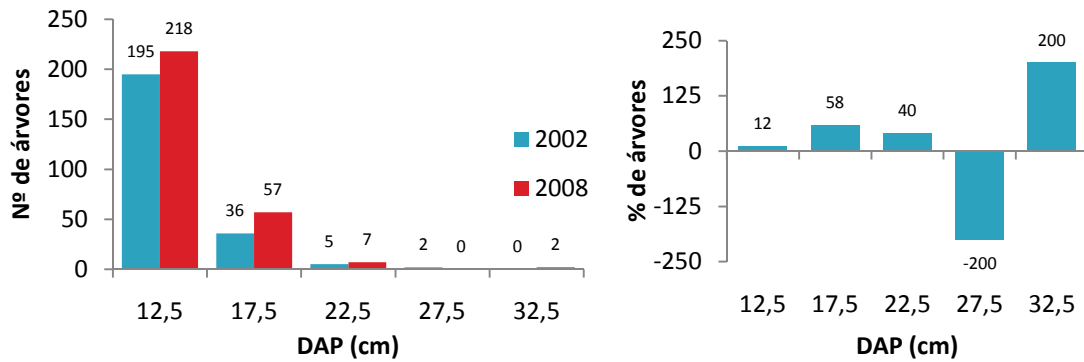


Figura 64. Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Myrcia hebeptala*.

A Figura 65 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Myrcia hebeptala*.

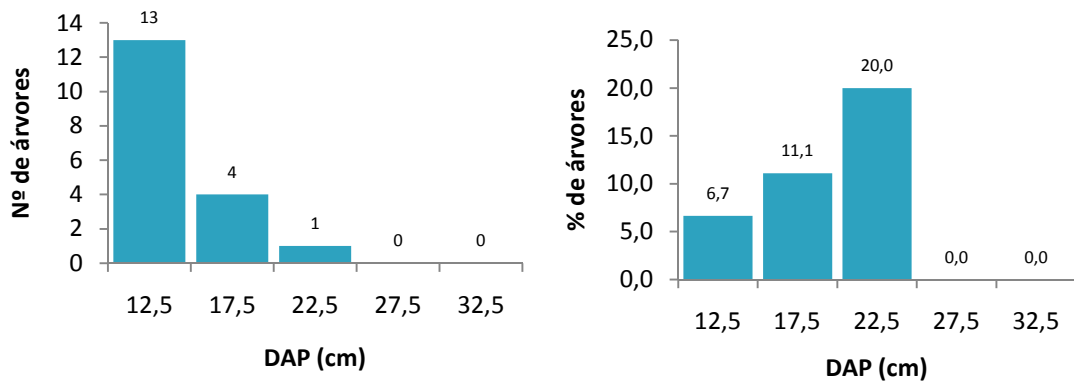
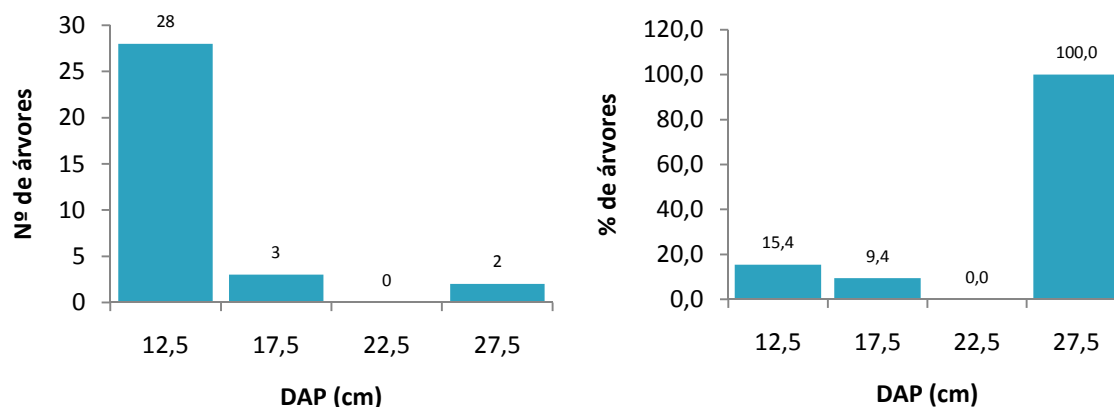


Figura 65. Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Myrcia hebeptala*.

Considerando apenas as 2 primeiras classes (com mais de 30 árvores), a taxa de mortalidade não ultrapassou 11,1% caracterizando baixa mortalidade para a espécie,

A Figura 66 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para a classe superior adjacente para a *Myrcia hebeptala*



**Figura 66.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Myrcia hebetata*.

Apesar de a espécie ser pouco longeva, o percentual de árvores que avançaram para a classe superior é baixo, principalmente na 2ª classe, em que mais de 90% das árvores permaneceram na classe.

#### 5.6.2.19 *Dalbergia brasiliensis* (jacarandá)

A mortalidade do jacarandá no período de 6 anos foi de 19 árvores (7,79%) e o ingresso foi de 11 árvores (4,51%), resultando em um decréscimo de 8 árvores no período considerado, indicando degeneração da espécie.

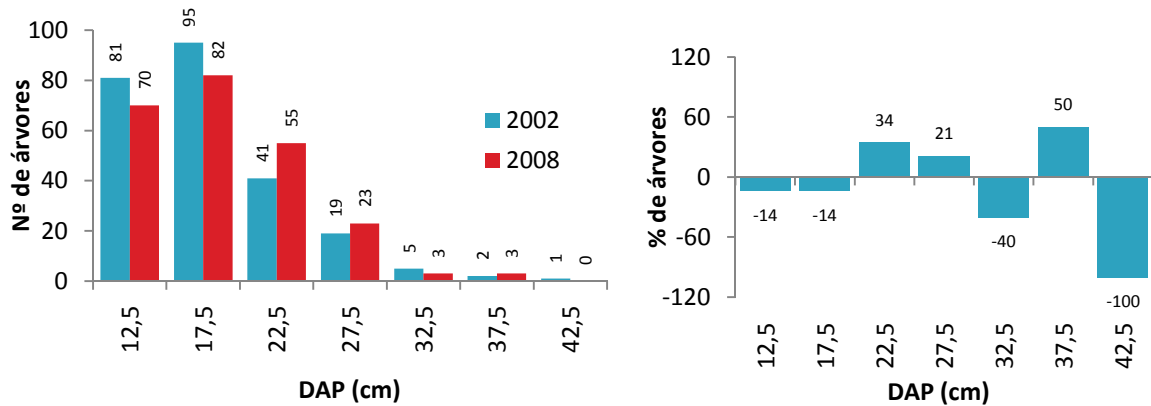
**Tabela 34.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Dalbergia brasiliensis* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	81	5 (6,2)	76	59 (77,6)	11*	70
17,5	95	7 (7,4)	88	65 (73,9)	17 (22,4)	82
22,5	41	2 (4,9)	39	32 (82,1)	23 (26,1)	55
27,5	19	3 (15,8)	16	16 (100,0)	7 (17,9)	23
32,5	5	1 (20,0)	4	3 (75,0)	0 (0,0)	3
37,5	2	0 (0,0)	2	2 (100,0)	1 (25,0)	3
42,5	1	1 (100,0)	0	0 (0,0)	0 (0,0)	0
<b>SOMA</b>	<b>244</b>	<b>19</b>	<b>225</b>	<b>177</b>	<b>59</b>	<b>236</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) Nº de árvores em 2002; (2) Nº de árvores mortas; (3) Nº de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) Nº de árvores que permaneceram na classe; (5) Nº de árvores que avançaram da classe anterior; (6) Nº de árvores em 2008 (4+5).

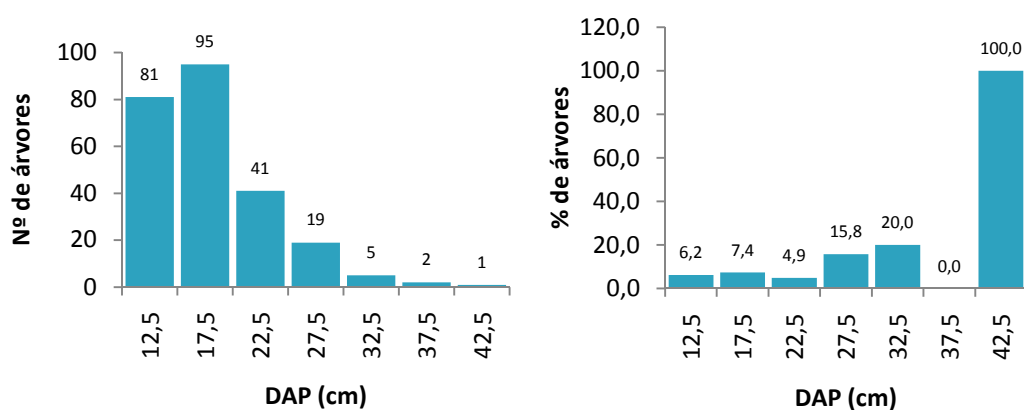
A distribuição diamétrica do jacarandá em ambos os levantamentos considerados nesta análise (2002 e 2008) apresentou a forma unimodal com assimetria positiva (Figura 67).



**Figura 67.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Dalbergia brasiliensis*.

Foi verificado redução do número de árvores de 14% nas duas primeiras classes. Na 3ª classe ocorreu acréscimo do número de árvores, resultado do maior percentual de árvores que avançaram da classe anterior, dentre todas as classes analisadas. Na 4ª classe também houve aumento do número de árvores.

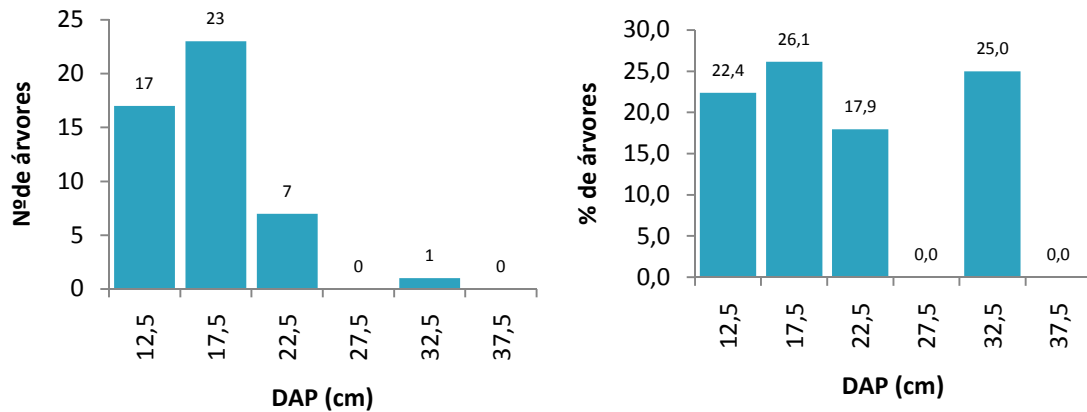
A Figura 68 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Dalbergia brasiliensis*.



**Figura 68.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Dalbergia brasiliensis*.

A mortalidade da espécie nas 3 primeiras classes (com mais de 40 árvores) não ultrapassou 7,5%.

A distribuição das árvores que avançaram de classe em valores absolutos apresentou a forma unimodal com assimetria positiva, assim como a distribuição diamétrica da espécie e da mortalidade em valores absolutos (Figura 69).



**Figura 69.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Myrcia hebetata*.

Foi observado que nas 3 primeiras classes (com mais de 40 árvores) o percentual de árvores que avançaram de classe oscilou entre 17,9% e 22,4%. Na 4ª classe nenhuma árvore avançou de classe.

#### 5.6.2.20 *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba)

A mortalidade da guabiroba foi de 2 árvores (1,32%) e o ingresso foi de 12 árvores (7,89%), resultando em um aumento de 10 árvores, indicando boa perpetuação da espécie.



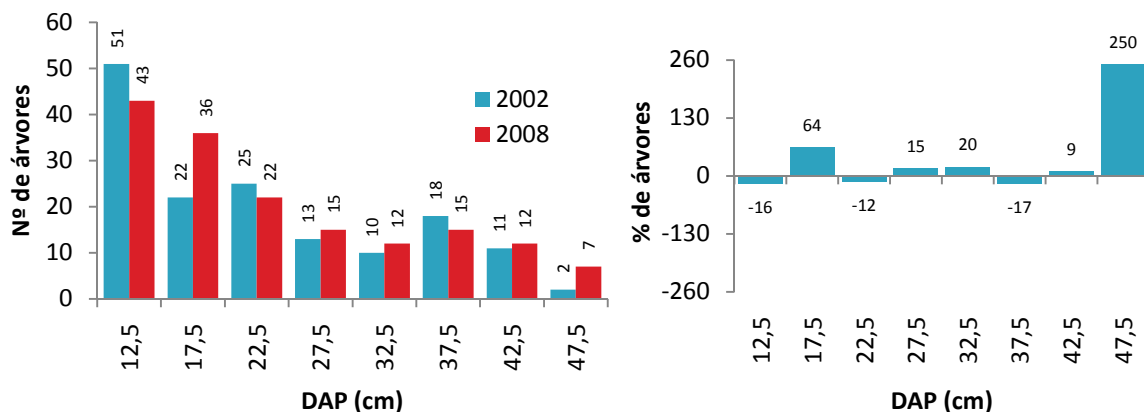
**Tabela 35.** Mortalidade, taxa de movimentação de árvores para classe superior e ingresso (2002-2008) da espécie *Campomanesia xanthocarpa* em classes de DAP com intervalo de 5 cm.

Classes de DAP (cm)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
12,5	51	2 (3,9)	49	31 (63,3)	12*	43
17,5	22	0 (0,0)	22	18 (81,8)	18 (36,7)	36
22,5	25	0 (0,0)	25	18 (72,0)	4 (18,2)	22
27,5	13	0 (0,0)	13	8 (61,5)	7 (28,0)	15
32,5	10	0 (0,0)	10	7 (70,0)	5 (38,5)	12
37,5	18	0 (0,0)	18	12 (66,7)	3 (30,0)	15
42,5	11	0 (0,0)	11	6 (54,5)	6 (33,3)	12
47,5	2	0 (0,0)	2	2 (100,0)	5 (45,5)	7
SOMA	<b>152</b>	<b>2</b>	<b>150</b>	<b>102</b>	<b>60</b>	<b>162</b>

\* Árvores ingressas; (%) Percentual de árvores na classe considerada.

(1) N° de árvores em 2002; (2) N° de árvores mortas; (3) N° de árvores desconsiderando as mortas (1-2); (4) N° de árvores que permaneceram na classe; (5) N° de árvores que avançaram da classe anterior; (6) N° de árvores em 2008 (4+5).

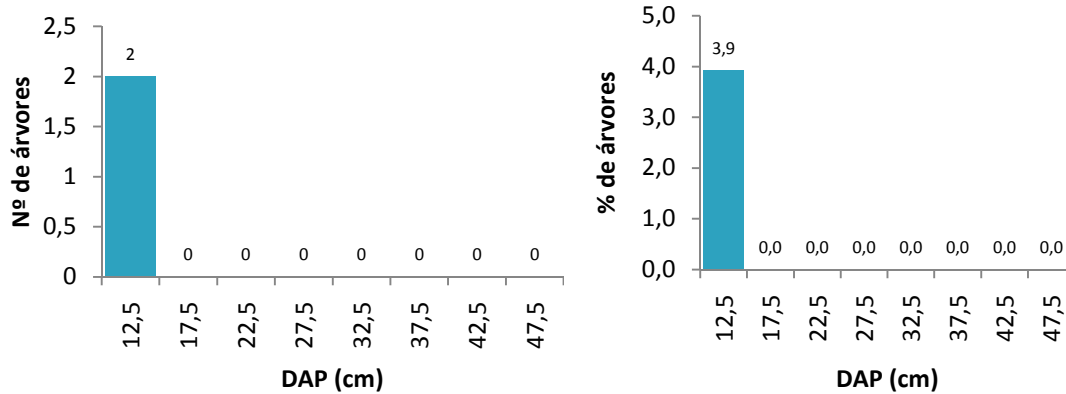
A distribuição diamétrica da guabiroba apresentou a forma irregular nas duas situações, 2002 e 2008, com tendência à forma decrescente. Na 2ª classe foi verificado aumento de 64% do número de árvores, resultante do grande número de árvores que avançaram da 1ª classe (Figura 70).



**Figura 70.** Frequência observada nos dados levantados em 2002 e 2008 e desvios em percentagem (%) do número de árvores em um período de 6 anos para *Campomanesia xanthocarpa*.

Na última classe foi observado significativo aumento do número de árvores no período de 6 anos em razão do grande número de árvores que avançaram da penúltima classe, indicando bom crescimento diamétrico da espécie nas classes mais avançadas.

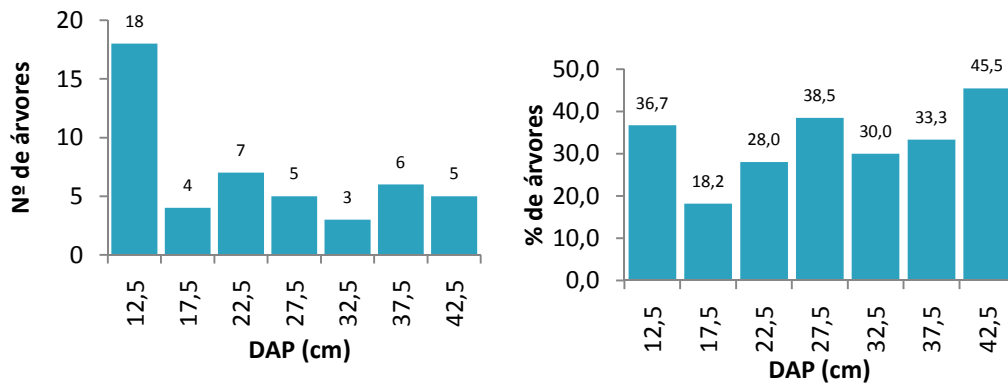
A Figura 71 apresenta o número de árvores mortas e a taxa de mortalidade (%) para a *Campomanesia xanthocarpa*.



**Figura 71.** Número de árvores mortas e taxa de mortalidade (%) nas classes diamétricas para a *Campomanesia xanthocarpa*.

Apenas 2 árvores morreram na primeira classe. Nas demais classes não foram observadas nenhuma árvore morta. Dentre as espécies analisadas a guabiroba foi uma das que apresentou menores índices de mortalidade.

A Figura 72 mostra o número de árvores que avançaram e a taxa de movimentação de árvores para classe superior adjacente para a *Campomanesia xanthocarpa*.



**Figura 72.** Número de árvores que avançaram e taxa de movimentação de árvores para classe superior (%) para *Campomanesia xanthocarpa*.

Foi verificada alta taxa de movimentação das árvores em todas as classes, inclusive nas últimas classes, em que o percentual não apresentou valores abaixo de 30%.

## 6. CONCLUSÕES

- A forma de abordagem dos dados advindos de inventários florestais para ajustes de funções de densidade de probabilidade afeta as estimativas de distribuições diamétricas.
- A distribuição diamétrica da floresta como um todo apresentou distribuição decrescente, típica de florestas mistas. Esta informação pode ser confirmada com a identificação do parâmetro de forma  $c$  da função Weibull 3P abaixo de 1 em todos os ajustes realizados.
- A função Weibull 3P apresentou as melhores estimativas conforme indicam o índice de Reynolds e o EPE (%) nas 3 ocasiões em que os dados foram levantados. No entanto, a função Beta apresentou resultados próximos indicando que também poderia ser empregada.
- A Máxima Verossimilhança foi o procedimento mais adequado para a estimativa dos coeficientes da Weibull 3P. O método dos Percentis também apresentou resultados satisfatórios.
- Para a função Beta, ambos os métodos de ajuste (Momentos e Máxima Verossimilhança) apresentaram desempenho semelhantes ao considerar os ajustes da floresta como um todo.
- Nas análises dos ajustes para as 20 espécies de maior IVI, o índice de Reynolds indicou como mais adequada para 10 espécies a Weibull 3P e para as outras 10 espécies a Beta. Resultados similares foram também indicados pelo Erro Padrão de Estimativa.
- A utilização da Programação Não-Linear nem sempre melhorou os ajustes.
- A Programação Não-Linear apresentou melhores resultados para a função Beta do que para a Weibull 3P, segundo o índice de Reynolds e o EPE (%).
- As funções Weibull 2P e Meyer (tipo 1 e 2) apresentaram pouca flexibilidade e parecem inadequadas para representar a distribuição diamétrica da tipologia florestal estudada.
- Pequenas alterações no parâmetro de locação  $a$  da função Weibull 3P resultam em grandes diferenças nas estimativas nas primeiras classes, onde a frequência é maior.
- As funções densidade de probabilidade testadas superestimaram o número de árvores na 3ª classe em todos os métodos de ajuste para os ajustes realizados para a floresta como um todo.
- Das 20 espécies analisadas, 10 apresentaram a distribuição diamétrica decrescente, 8 apresentaram distribuição unimodal com assimetria positiva e 2 apresentaram distribuição irregular, para classes de DAP de 5 cm de intervalo.

- Estudos mais aprofundados devem ser realizados para avaliar a influência do tamanho das unidades amostrais e intensidade amostral nos ajustes de funções densidade de probabilidade para descrever a distribuição diamétrica.
- Não houve mudanças importantes na forma da distribuição diamétrica para a floresta como um todo e para as espécies analisadas em um intervalo de 6 anos (entre 2002 e 2008).
- De modo geral, a distribuição em valores absolutos da mortalidade e do número de árvores que avançaram para a classe superior apresentou a mesma forma da distribuição diamétrica.
- As maiores taxas de crescimento foram verificadas para as espécies de grande valor comercial (araucária, canelãs e cedro).
- A araucária apresentou a maior taxa de crescimento diamétrico entre as espécies estudadas. Na maioria das classes diamétricas, a taxa de árvores que avançaram para a classe superior foi maior do que a taxa de permanência.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JÚNIOR, F. T., FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JÚNIOR, R. F. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 13, n. 3, p.328-333, 2009.

ARCE, J. E. Modelagem da Estrutura de Florestas Clonais de *Populus deltoides* Marsh. através de distribuições diamétricas probabilísticas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 149-164, 2004.

BAILEY, T. R. L.; DELL, R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, n.2, p. 97-104, 1973.

BAKER, J. P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; OLIVER, C. D.; ASHTON, P. S. Disturbance History and Historical Stand Dynamics of a Seasonal Tropical Forest in Western Thailand. **Ecological Monographs**, n. 75(3), p. 317-343. 2005.

BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE A. P. D.; Proposta Metodológica para ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Revista Floresta**, Curitiba, n. 34 (3), p. 387-393, 2004.

BARROS, P. L. C. Estudo das Distribuições Diamétricas da Floresta do Planalto Tapajós – Pará. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 123f., 1980.

BATISTA, J. L. F. A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, ESALQ, Piracicaba, 116f., 1988.

BERNAL, J. Estudio Ecológico del Bosque Caimital. **Revista Forestal Venezolana**, Merida, v. 10, n. 15, p. 47-82, 1967.

BUNYAVEJCHEWIN, S.; BAKER, P. J.; LAFRANKIE, J. V.; ASHTON, P. S. Stand structure of a seasonal dry evergreen forest at Huai Kha Hhaeng Wildlife Sanctuary, western Thailand. Natural History. **Bulletin of the Siam Society** n.50, p.125-134, 2001.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 4ª ed., 321 p., 1987.

CAO, Q. V. Predicting Parameters of a Weibull Function for Modeling Diameter Distribution. **Forest Science**, n. 50 (5), p. 682-685, 2004.

CAMPOS, J. C. C.; TURNBULL, K. J. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação de efeitos de desbaste. **Revista Árvore**, v. 1, n. 5, p. 1-16, 1981.

CANALEZ, G. G.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da estrutura da comunidade de Lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de araucária no sul do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 357-367, 2006.

CARVALHO, J. O. P. Distribuição diamétrica de espécies comerciais e potenciais em floresta tropical úmida natural na Amazônia. EMBRAPA CPATU. **Boletim de Pesquisa**, n° 23, Belém, 34p., 1981.

CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Crescimento de uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira em um período de oito anos após a exploração florestal. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 2, 2004.

CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; BERNI, D. M.; Modelos de simulação para classe diamétrica em *Populus* sp. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 33-40, 2004.

CRUZ, E. C.; O Método *CROSS* para Caracterização das estruturas diamétrica e basimétrica de floresta tropical amazônica. **Tese de Doutorado** em Ciências Florestais, UFPR, 134f., 2000.

CUNHA, U. S. Análise da estrutura diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia Brasileira. Curitiba. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 134f., 1995.

DODSON, B. **The Weibull Analysis Handbook**, 2<sup>nd</sup> Ed. Quality Press, 162p, 2006.

EMBRAPA. **Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade** – EMBRAPA Cerrados, 40 p., Planaltina, DF, 2002. Disponível em: <[http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/doc/doc\\_79.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/doc/doc_79.pdf)>. Acessado em 10/2009.

EISFELD, R. L.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MAESTRI, R.; WEBER, K. S. – Modelagem do Crescimento e da Produção de *Pinus taeda* L. por meio de função probabilística. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p.317-328, 2005.

FERREIRA, R. L. C.; SOUZA, A. L. JESUS, R. M. Dinâmica da estrutura de uma floresta secundária de transição II - Distribuição Diamétrica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 3., p. 331-344, 1998.

FINGER, C. A. G. – **Fundamentos da biometria florestal**. Santa Maria. UFSM/CEPEF/FATEC, 269 p., 1992

FINOL, H. Estudio silvicultural de algunas espécies comerciales em El Bosque Universitario “El Caimital” – Estado Barinas. **Revista Forestal Venezolana**, n. 10, p.17-63, 1964.

FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Conservação do Bioma Floresta com Araucária: Relatório Final. - Diagnóstico dos remanescentes florestais. **FUPEF**, v.1, Curitiba, 124 p., 2001.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005.

GORGOSO, J. J.; ÁLVAREZ GONZÁLVEZ, J. G.; GRANDAS-ARIAS, J. A.; Modelling diameter distributions of *Betula Alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. **Revista Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales** n. 16 (2), p. 113-123, 2007.

HIGUCHI, F. G. A influência do tamanho da parcela na precisão da função de distribuição de diâmetro de Weibull da floresta primária da Amazônia Central. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 52f., 2007.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW, J. A. **Forest Mensuration**. 4<sup>th</sup> Edition. 442 p. 2003.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)> Acesso em 10/11/2009.

KENDALL, M.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. Londres: Charles Griffin, v. 1, 472p. , 1977.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre unos métodos para analisis estructural de los bosques tropicales. **Revista Acta Científica Venezolana**, Merida, v. 13, n. 2, p. 57-65, 1962.

LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C. DLUGOSZ, F. L. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta com Araucária no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 55-66, Jul/Dez, 2007.

LOEWENSTEIN, E. F.; JOHNSON, P. S.; GARRETT, H. E. Age and diameter structure of a managed uneven-aged oak forest. **Canadian Journal of Forest Research** n. 30, p. 1050-1070, 2000.

LONGHI, S. J. A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. No sul do Brasil. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 198f. Curitiba, 1980.

MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. Estudo da estrutura diamétrica para *Araucaria angustifolia* em florestas naturais nos estados da região sul do Brasil. **Revista Floresta**, n. 26. (1/2) p. 59-70, 1997.

MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana. **Revista Cerne**, v. 2, n. 2, p.1-15, 1996.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal Forest**, v. 50, n. 2, p. 85-92, 1952.

MEYER, A. H., RICKNAGEL, A. B., STEVENSON, D. D. & BARTOO, R. A. **Forest management**. The Ronald Press Company, New York, 1961.

MOSCOVICH, F. A. Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata-RS. **Tese de Doutorado** em Ciências Florestais, UFSM, 135f., 2006.

NEAVE, H. R. **Elementary Statistic Tables**. Allen and Unwin, London, 49p, 1981.

NEGREIROS, O. C.; DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. Ajustagem de curvas de distribuição diamétrica de uma comunidade de floresta pluvial tropical no núcleo Sete Barras do Parque Estadual de Carlos Botelho/São Paulo. **Revista do Instituto Florestal** n. 2 (1), p. 95-114, 1990.

PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; TRASOBARES, A. Calibrating Predicted Tree Diameter Distributions in Catalonia, Spain. **Silva Fennica**, n. 40(3), p. 487-500, 2006.

PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; BLASCO, E.;TRASOBARES, A. Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). **European Journal of Forest Research**, n. 126, p. 563-571, 2007.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Vol.1, Curitiba, 316p., 1997.

PEREIRA, W.; TANAKA, O. K. **Estatística: conceitos básicos**. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 341 p., 1984.

PEUHKURINEN, J. MALTAMO, M. MALINEN, J. Estimating species-specific diameter distributions and saw log recoveries of boreal forests from airborne laser scanning data and aerial photographs: a distribution-based approach. **Silva Fennica** n. 42 (4), p. 625-641, 2008.

PIZATTO, W. Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 172 f. , 1989.



PODLASKI, R. Suitability of the selected statistical distributions for fitting diameter data in distinguished development stages and phases of near-natural mixed forest in the Swietokrzyski National Park (Poland). **Forest Ecology and Management**, n. 236, p. 393-402, 2006.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal**. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San Jose - Costa Rica, 586p. , 1997.

QIN, J.; CAO, Q. V.; BLOUIN, D. C. Projection of a diameter distribution through time. **Canadian Journal of Forest Research**, n.37, p. 188-194, 2007.

REYNOLDS JR, M. R.; BURK, T. E.; HUANG, W. C. Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. **Forest Science**, v. 34, n.2, p. 373-399, 1988.

ROBINSON, A. Preserving correlation while modeling diameter distributions – **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, p. 221-232, 2004.

RODE, R. Avaliação florística e estrutural de uma floresta ombrófila mista e de uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UFPR, 158f., 2008.

RUBIN, B. D.; MANION, P. D. FABER-LANGENDOEN, D. Diameter distributions and structural sustainability in forests. **Forest Ecology and Management** n. 222, p. 427-438, 2006.

SAWCZUK, A. R. Alteração na florística e estrutura horizontal de um fragmento de floresta ombrófila mista na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UNICENTRO, 2009.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F. SANQUETTA, C. R. – Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 283- 295, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. O conceito de “Floresta Balanceada de Meyer” como opção para intervenção em cerrado *Sensu Strictu*. In: 7º Congresso Florestal Brasileiro e 1º Congresso Florestal Pan-americano. **ANAIS**, Curitiba, 1993.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 441p. , 1998.

SIIPILEHTO, J. Modelling stand structure in young Scots pine dominated stands. **Forest Ecology and Management**, n. 257, p. 223-232, 2009.

SILVA, J. A. Função Beta aplicada na distribuição de frequência de CAP's das principais espécies florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 6, p. 91-100, 1984.

SILVA, J. A.; SCHNEIDER, P. R.; NASCIMENTO, A. R. T.; LEITE, E. J.; REZENDE, J. M.; Distribuição diamétrica de indivíduos de *Aspidospema* spp. na Reserva Genética Tamanduá, DF. In: 3º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal **ANAIS**, UFSM, 2004.

SOKPON, N.; BIAOU, S. H. The use of diameter distributions in sustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin. **Forest Ecology and Management**, n. 161, p. 13-25, 2002.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Emprego do método *BDq* de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 29, n. 4, p. 617-625, 2005.

STEPKA, T. F. Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimento. **Dissertação de Mestrado** em Ciências Florestais, UNICENTRO, 138p., 2008.

SPVS- Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental. **Manual para recuperação da reserva florestal legal**. Curitiba: FNMA, 84p., 1996.

SWAINE, M. D.; HALL, J. B.; ALEXANDER, I. J. Tree population dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.331-345, 1987.

THIERSCH, A. Eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis*. **Tese de Doutorado** em Ciências Florestais, UFLA, 155f. Lavras, 1997.

TORRES-ROJO, J. M.; TORRES MARGAÑA, O. S.; MIRELES, M. A. Metodologia para mejorar la predicción de parametros de distribuciones diametricas - **Revista Agrociencia**, Texcoco-México, v. 34, n. 5, p. 627-637, 2000.

UMAÑA, C. L. A.; ALENCAR, J. C. Distribuições diamétricas da Floresta Tropical Úmida em uma área no município de Itacoatiara-AM. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, n. 28 (2), p. 167-190, 1998.

VANCLAY, J. K.; Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. **Forest Science**, v. 41, p. 7-42, 1995.

WESTPHAL, C.; TREMER, N.; VON OHEIMB, G.; HANSEN, J.; GADOW, K.; HÄRDTLE, W. Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? **Forest Ecology and Management**, n. 223, p. 75-83, 2006.

ZANAKIS, S. H. A simulation study of some simple estimators for the three-parameter Weibull distribution. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, n. 9, p. 101-116, 1979.

ZARNOCH, S. J.; DELL, T. R. An evaluation of Percentile and Maximum Likelihood estimators of Weibull parameters. **Forest Science**, Lawrence, v. 31, n. 1, p. 260-268, 1985.

ZHANG, L.; GOVE, J. H.; LIU, C.; LEAK, W. B. A finite mixture of two Weibull distributions for modeling the diameter distributions of rotated-sigmoid, uneven-aged stands. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 1654-1659, 2001.

ZHANG, L.; LIU, C. Fitting irregular diameter distributions of forest stands by Weibull, modified Weibull, and mixture Weibull models. **Journal of Forest Research**, v. 11, p. 369-372, 2006.

ZUTTER, B. R.; ODERWALD, R. G.; FARRAR JR, R. M.; MURPHY, P. A. WEIBUL a program to estimate Parameters of Forms of the Weibull Distribution using Complete, Censored and Truncated Data. **Publ. n° FWS-3-82**, School Of Forestry and Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute and State University, 17p., 1982.